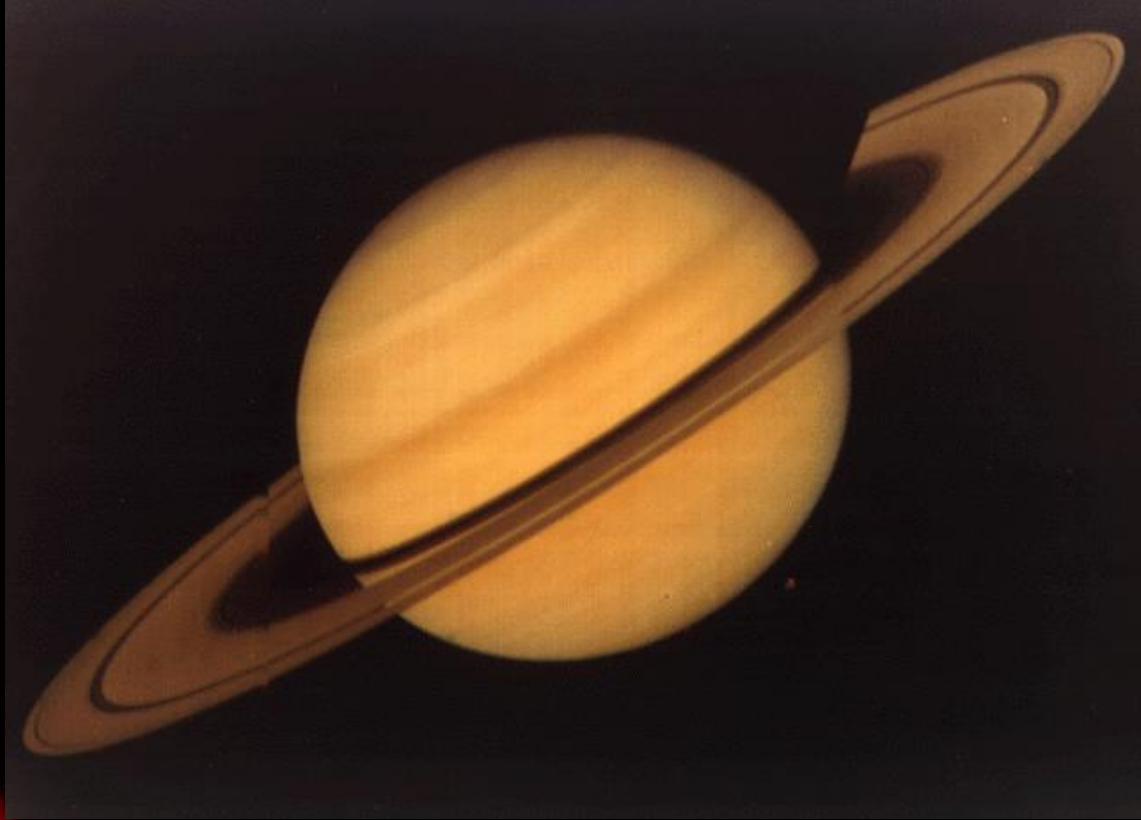
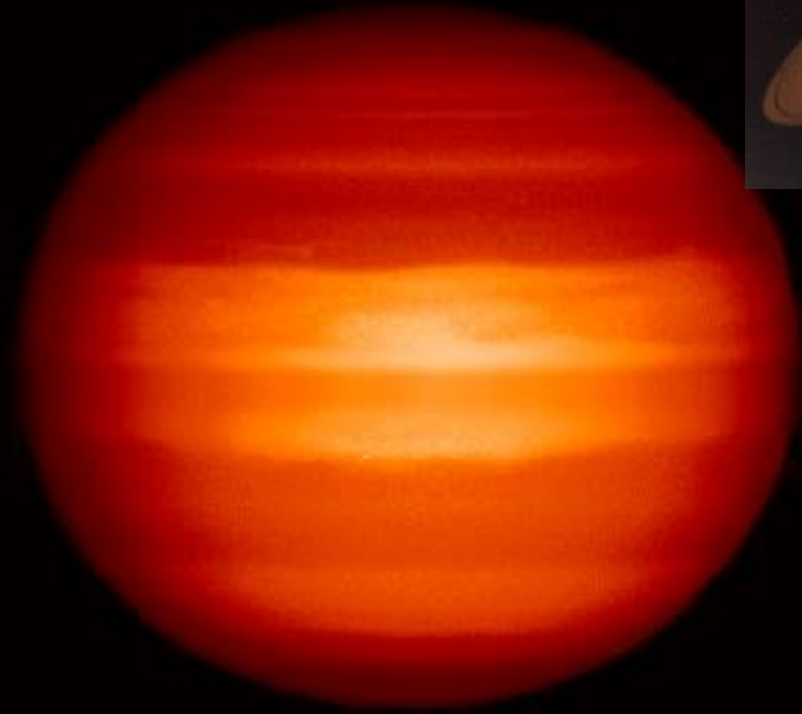


Saturn



Voyager 2,
21 lipiec 1981

Parametry i dane orbitalne

Parametry Saturna

Masa	568.46 10^{24} kg	9 515 % MZ
Gęstość	0.687 g/cm ³	12.5 % GZ
Promień równikowy (1 bar)	60 268 km	945 % RZ
Promień biegunowy	54 363 km	855 % BZ
„g” na powierzchni(1 bar)	8.96 m/s ²	91.6 % gZ
Prędkość ucieczki	35.5 km/s	317.2 % vZ
GM	37.9311 10^6 km ³ /s ²	9516 % Z
Nasłonecznienie	14.90 W/m ²	1.1 % NZ
Temperatura pow. (1 bar)	134 K	
Ilość naturalnych satelitów	62 (2018r.)	
system pierścieni		

Parametry orbitalne

Średnia odległość	9.537 AU
Perihelium	$1\,352.55 \cdot 10^6$ km
Aphelium	$1\,514.50 \cdot 10^6$ km
Mimośród	0.0565
Nachylenie	2.485°
Okres orbitalny (syderyczny)	10 759.22 d = 29.457 lata
Okres obrotu (syderyczny)	10.656 h
Nachylenie osi obrotu	26.73°
Długość dnia	10.656 h

Atmosfera

Atmosfera

Temperatura na poziomie 1 bara ~134 K

Gęstość na poziomie 1 bara ~ 0.19 kg/m³

Wiatry: do 500 m/s (1800 km/h) dla $\phi < 30^\circ$, w kierunku E

do 150 m/s (540 km/h) dla $\phi > 30^\circ$, w kierunku E i W

Północno-południowa symetria globu sugeruje również wiatry N-S

Silne wiatry obserwowane aż do 20 barów, ich źródłem jest prawdopodobnie emisja wewnętrznego ciepła

Skład atmosfery

Głównie: molekularny wodór H_2 92.8%

hel He 7% (dane Voyager 1) tylko

połowa tego co ma Jowisz
(deszcze helowe)

Śladowe ilości: metanu CH_4 stratosfera

amoniaku NH_3

deutero-wodoru HD

etanu C_2H_6

wody H_2O

fosfiny PH_3

oraz lodu amoniakowego, wodnego, wodorosiarczku amonu

Bilans energii

Saturn wypromieniowuje 2.3 razy więcej energii niż dostaje od Słońca. To więcej niż wypromieniowuje Jowisz, który uwalnia energię z czasów w których powstawał. Przyczynami nadwyżki energii są:

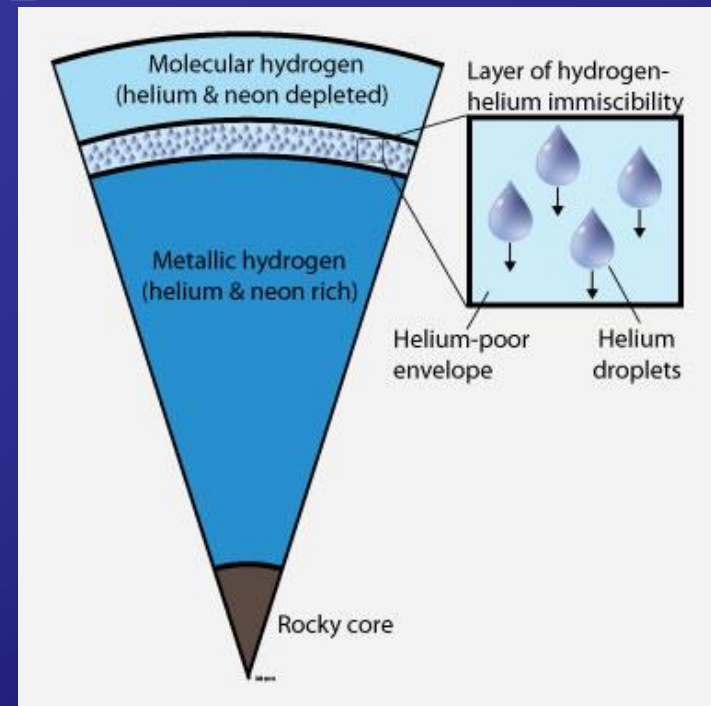
1. mechanizm Kelvina-Helmholtza, występujący również w przypadku Jowisza i powodujący powolne grawitacyjne kurczenie się planety, któremu towarzyszy wypromieniowywanie energii potencjalnej zamienianej w ciepło.
2. deszcze helowe

Deszcze helowe

- Saturn stygł szybciej niż Jowisz (dalej od Słońca)
- hel najpierw tworzy mgły w górnych warstwach atmosfery gdzie ulega skropleniu i opada w postaci deszczu przez płaszcz wodorowy
- energia potencjalna opadającego helu zamieniana na ciepłą powoduje dodatkowe ogrzanie jądra

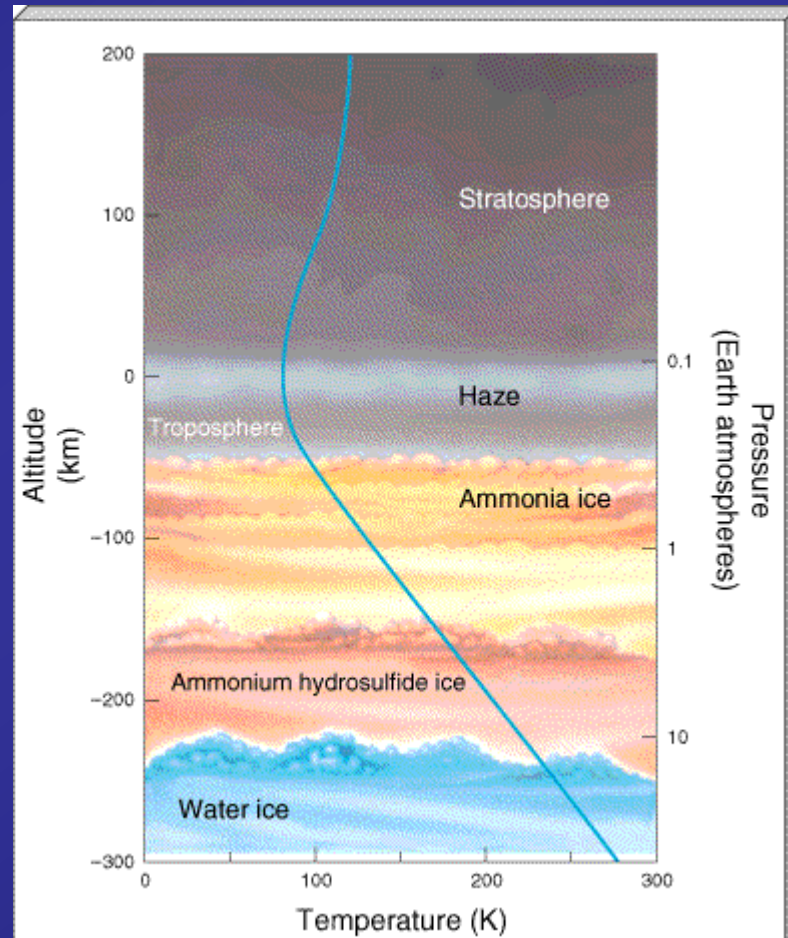
Efekt:

Cieplejsze jądro i niedobór helu w atmosferze Saturna



Warstwy atmosfery i rozkład chmur

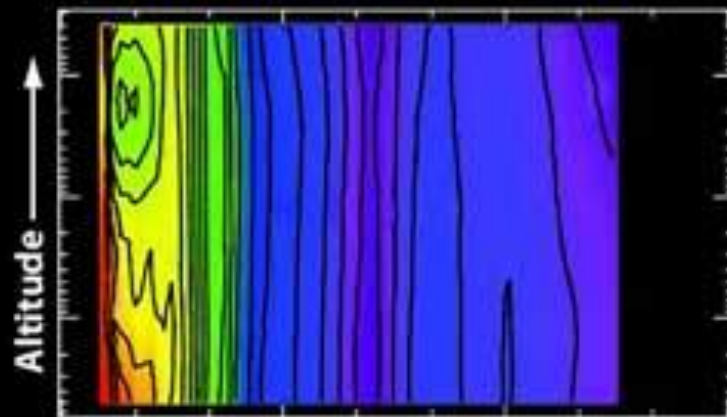
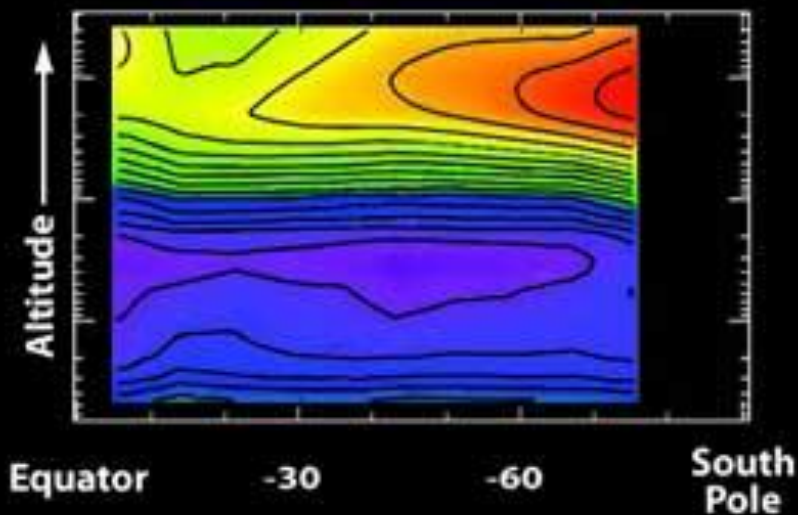
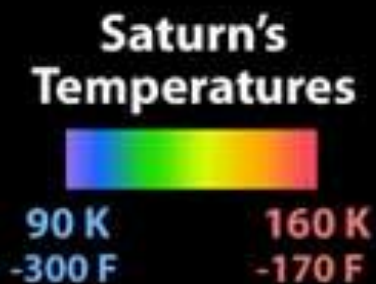
W przypadku Jowisza odległość pomiędzy pułapem chmur wodnych a amoniakowych wynosi ok. 80 km (większa grawitacja)



Podobnie jak w przypadku Jowisza, atmosfera Saturna dzieli się na dwa obszary:

- troposferę, w której temperatura spada z wysokością (konwekcja)
- stratosferę, w której temperatura z wysokością rośnie (absorpcja przez CH₄ energii słonecznej, radiacja w podczerwieni)
- mezosfera – brak
- egzosfera - warstwa stałej (wysokiej) temperatury ponad stratosferą, na wysokości 1 mikrobara i wyżej, energii dostarczają zderzenia z cząsteczkami magnetosfery lub prądy o dużym natężeniu, albo fale cieplne generowane w głębi atmosfery, rozpraszające ciepło właśnie na poziomie 1 mikrobara

Temperatura – Cassini 2004 poczatek lata na półkuli pld



CECHY FIZYCZNE ATMOSFERY SATURNA

Cechy fizyczne atmosfery Saturna

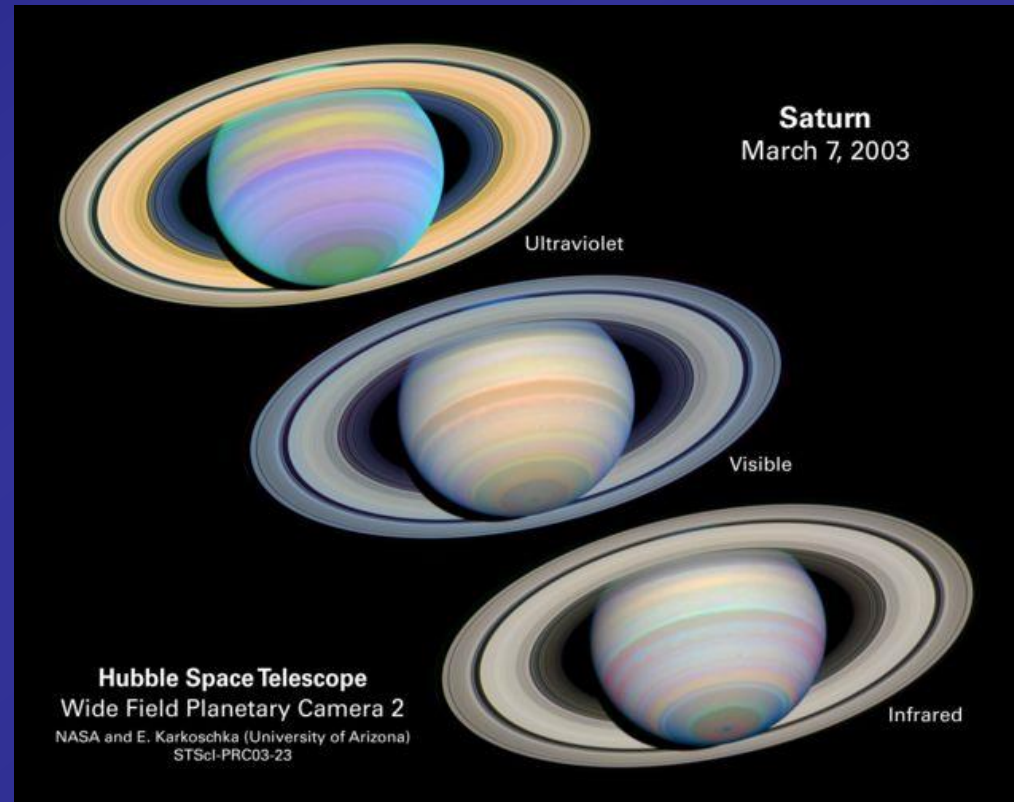
- pasma (ruch WE 150 m/s, przy równiku $> 500\text{m/s}$)
- dżety
- czerwone, brązowe i białe plamy
- brak gorących plam w zakresie widzialnym lecz występują gorące plamy w zakresie 5 mikrometrów (niska wilgotność, wysoka przejrzystość, niemal bez chmur)
- chmury konwekcyjne
- huragany
- mgły stratosferyczne znacznie gęstsze niż jowiszowe gdyż ze względu na mniejszą masę i przyspieszenie grawitacyjne atmosfera jest mniej skondensowana (Saturn- warstwa ok. 300 km, Jowisz tylko 75km).
- Mgły przesłaniają inne cechy: wiry, cyklony itp..

PASMOWOŚĆ ATMOSFERY

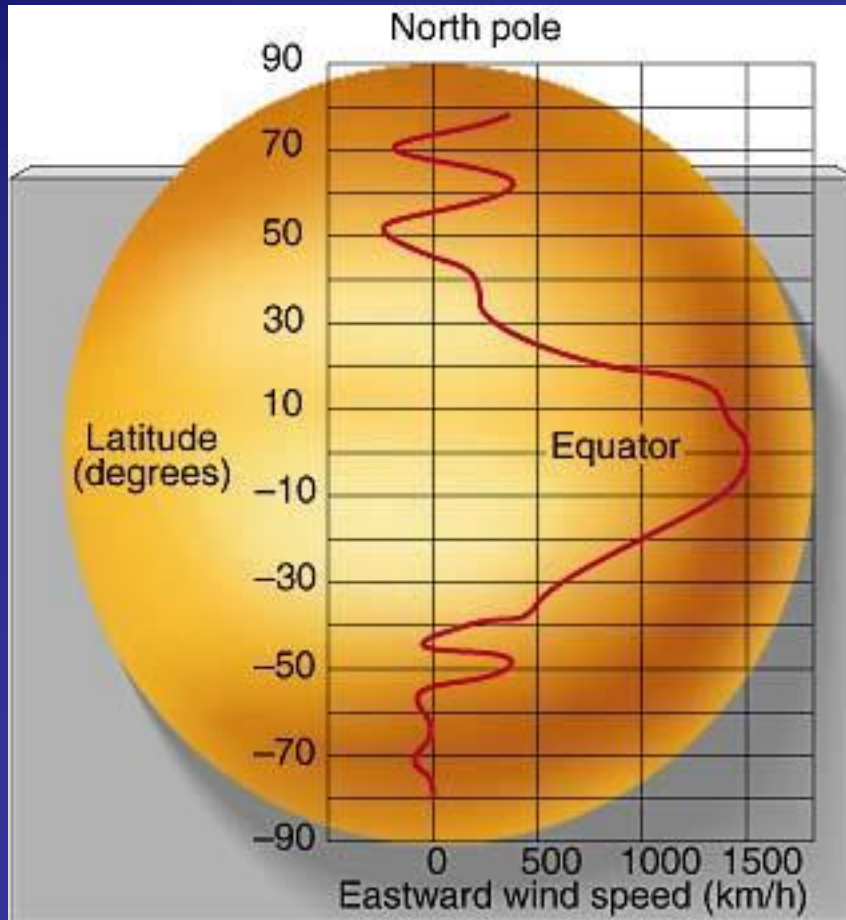
Pasmowa struktura atmosfery

W ciągu 20 lat prędkość wiatrów równikowych osłabła z 1700 km/h (Voyager) do 1000 km/h – (HST, 2000) pewnie nie sięgają zbyt głębokiej atmosfery

Pierścienie wywołują dodatkowe zmiany pór roku przeszkadzając światłu w dotarciu do powierzchni



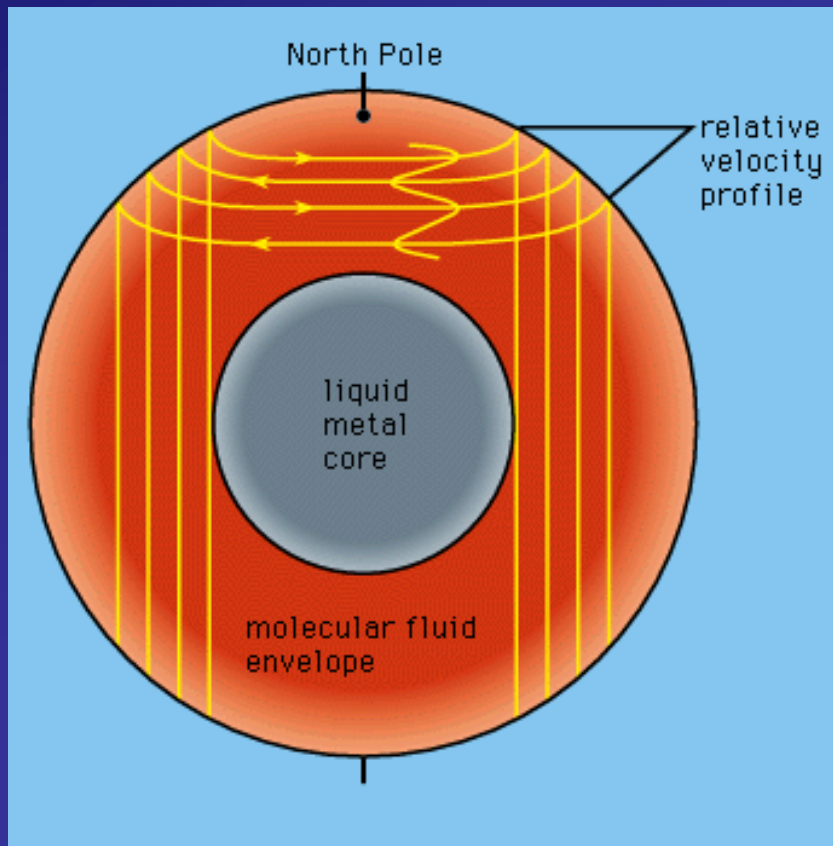
Prędkość wiatrów w pasmach



- pasma
- owalne chmury burzowe
- turbulencje

Zjawiska te są generowane ruchami konwekcyjnymi wewnątrz Saturna i jego szybką rotacją.

Skąd taka szerokość pasm?



- Symetria zjawisk sugeruje cylindryczne współosiowe słupy konwekcyjne. Każdy rotuje z inną prędkością.
- Silne wiatry obserwowane aż do 20 barów, ich źródłem jest prawdopodobnie emisja wewnętrznego ciepła.

Szerokości: 46 i 60 stopni
prędkość 100m/s WE (360km/h)

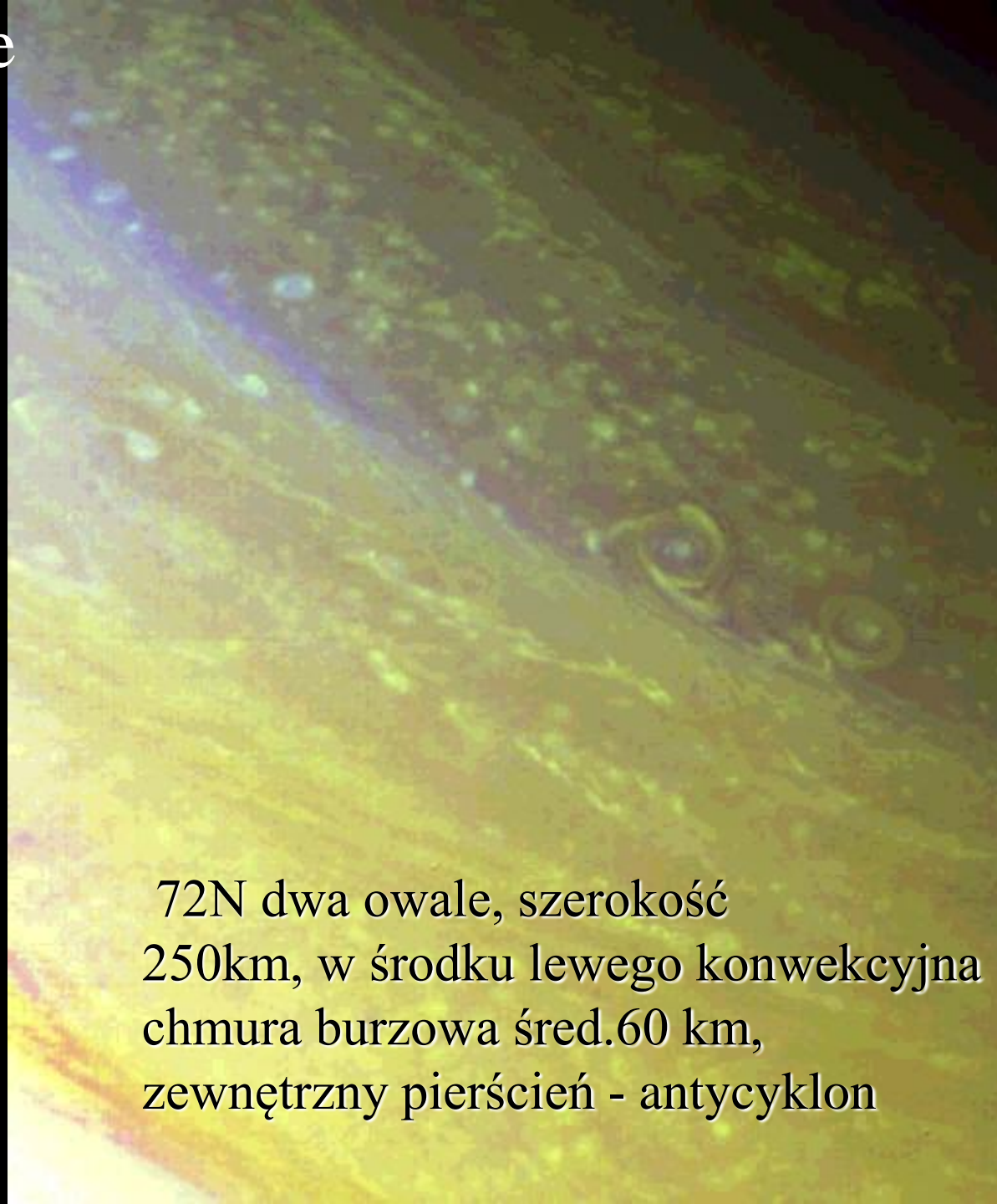
Szerokości: 40, 55, 70 stopni
kierunek EW

Struktury pasmowe

powstają dzięki ruchom konwekcyjnym, wzdłuż chaotycznie powstających i niszczonej kolumn

Półkula północna,

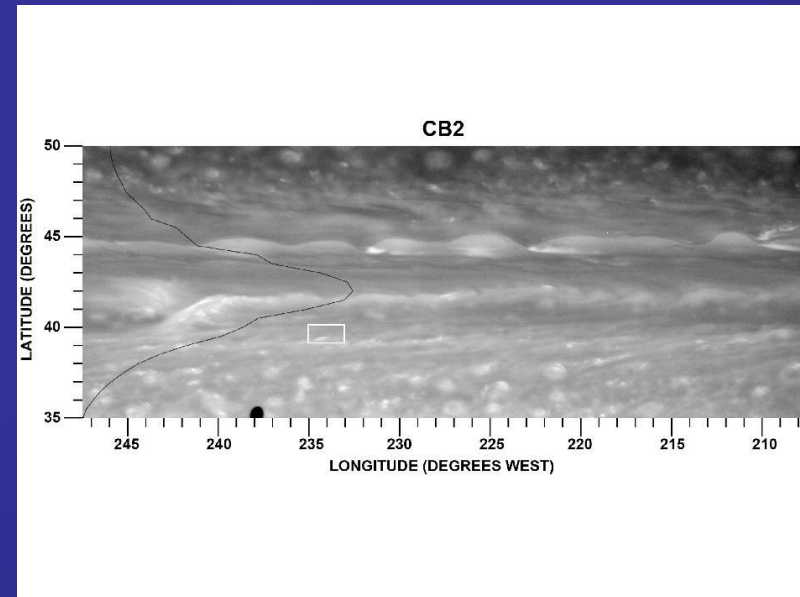
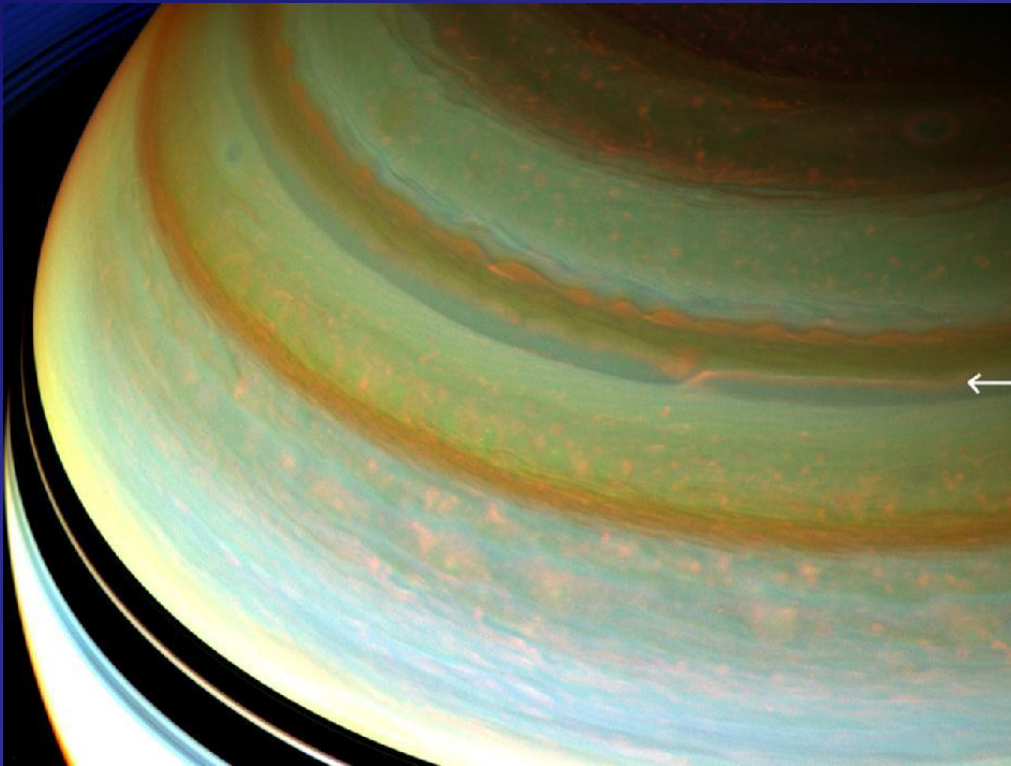
Voyager 2 ,1981



72N dwa owale, szerokość 250km, w środku lewego konwekcyjna chmura burzowa śred.60 km, zewnętrzny pierścień - antycyklon

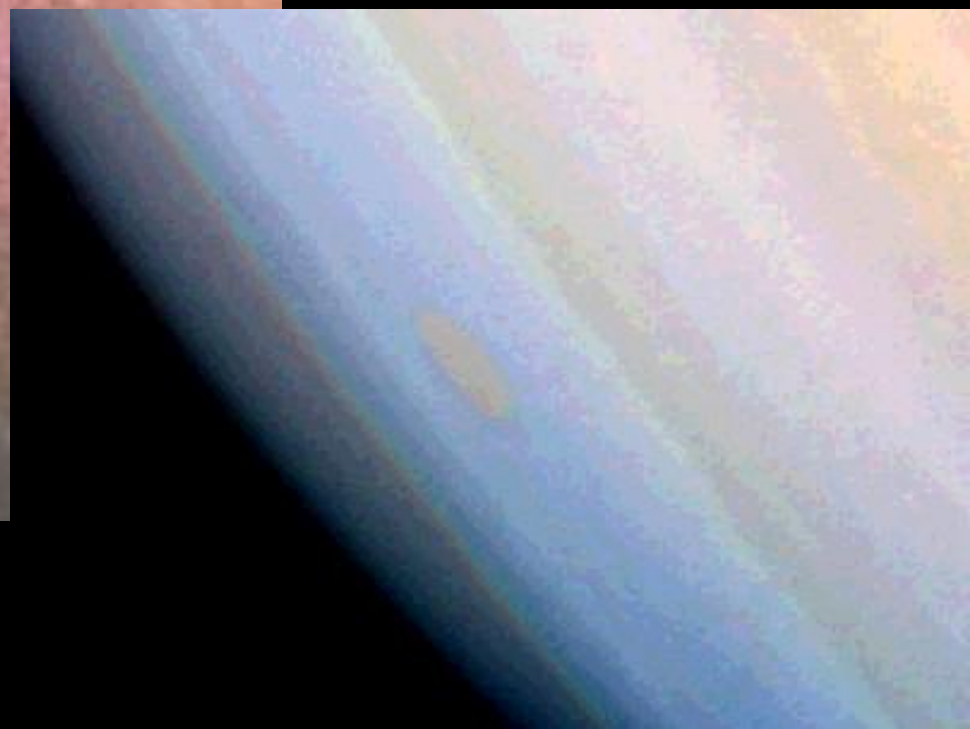
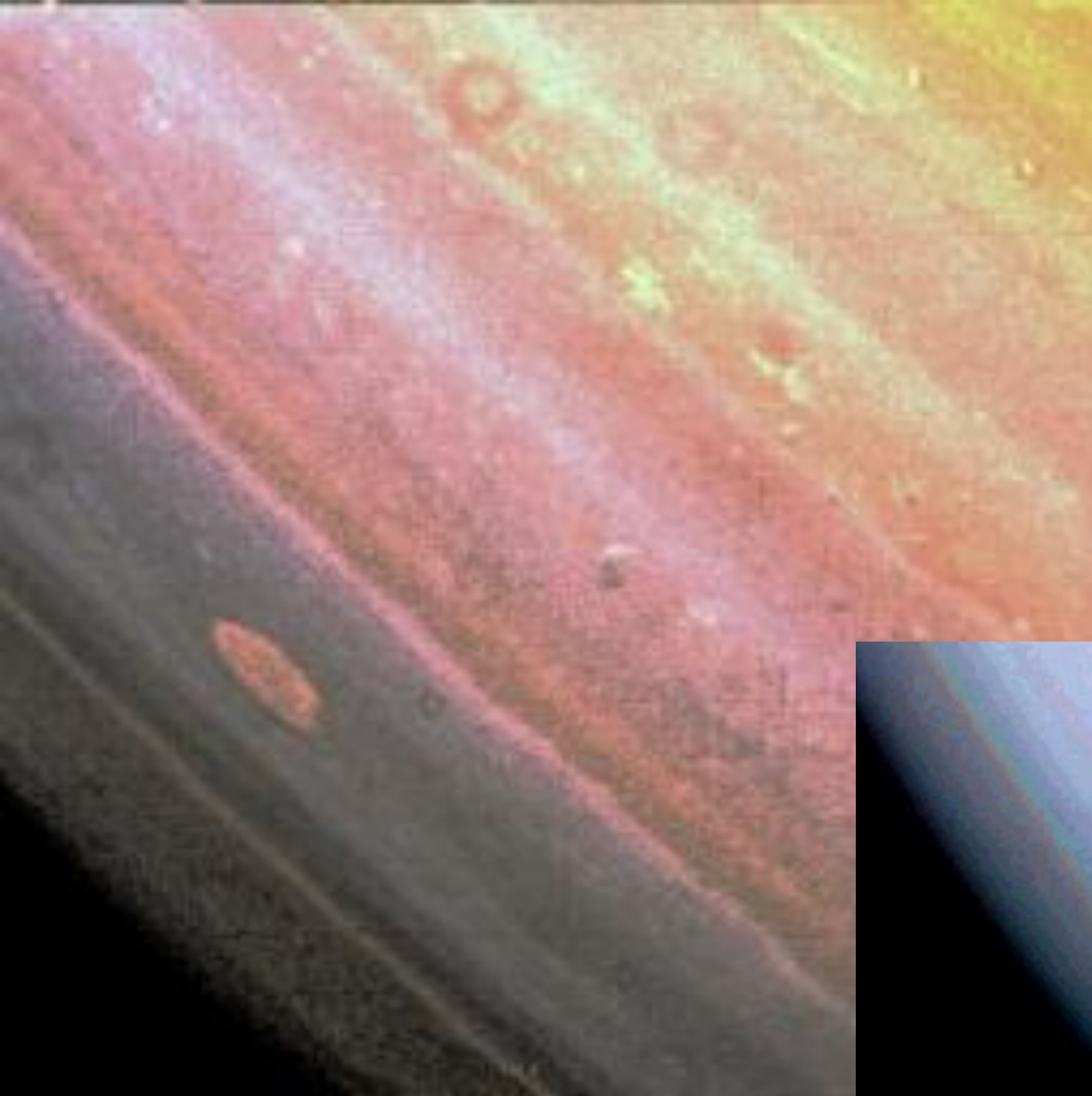
DŻETY W ATMOSFERZE

Dzety mniej spektakularne niż w przypadku Jowisza



**PLAMY CZERWONE,
BRAZOWE I BIAŁE**

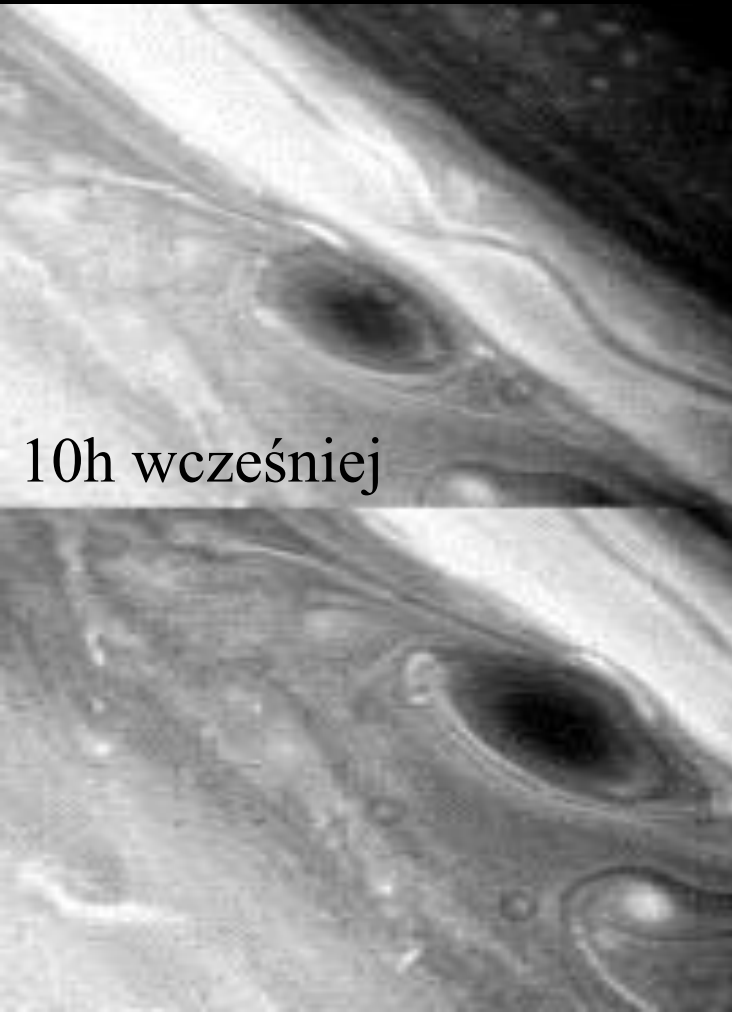
Czerwona plama



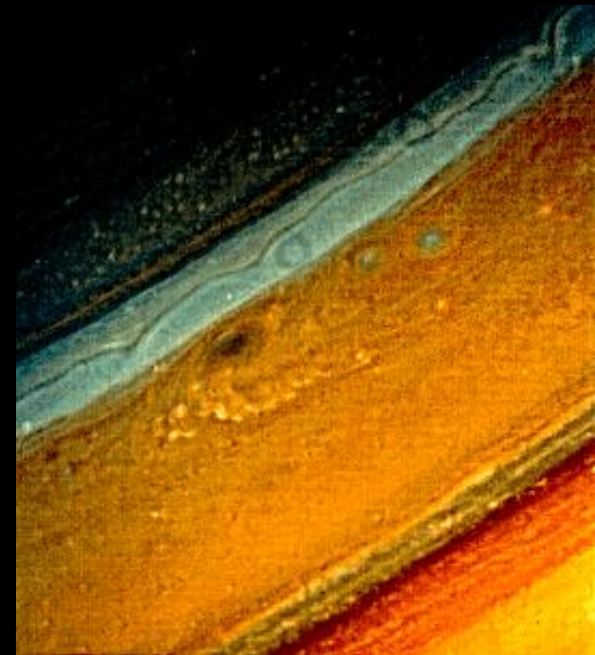
6.11.1980, 55 S, Voyager 1,
z odległości 8 mln km

Brązowe plamy

23.08, 1981, Voyager 2



antycyklon, ruch
mas
ku wnętrzu,
oczyszczanie
atmosfery z
górných chmur,
widoczne są
ciemne,
głębsze chmury



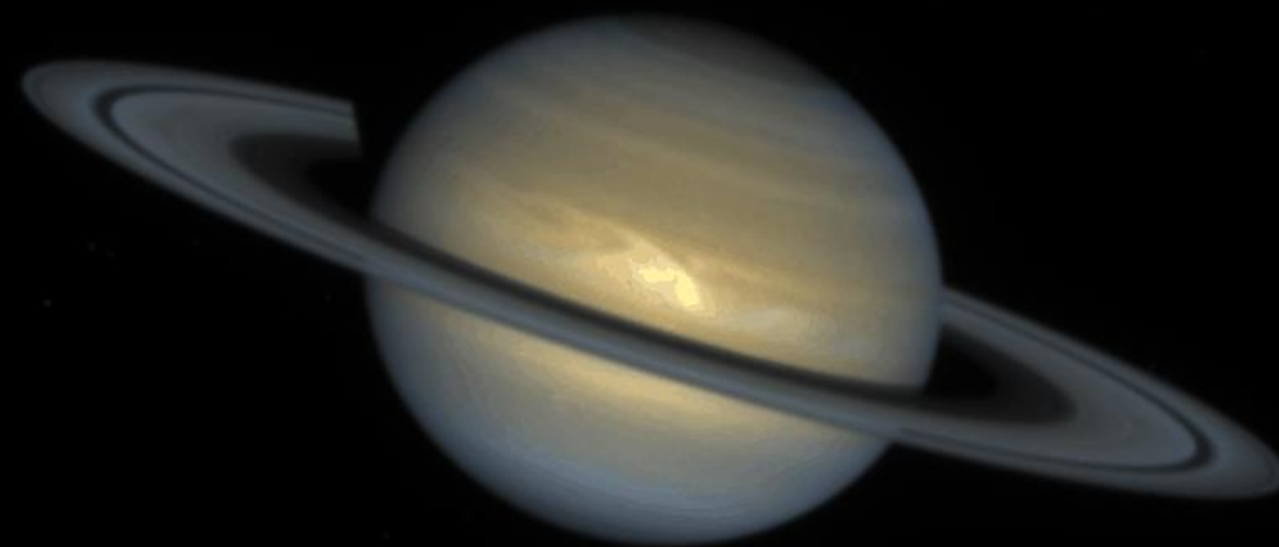
Biała plama

Chmury burzowe, konwektywne, powstające głęboko w atmosferze i wynoszące na powierzchnię znaczne ilości H₂O, występują okresowo (zmiany pór roku), mogą rozciągać się w pasie od 5-58 stopni.

Saturn wiatr 450 m/s, WE
(1600km/h)

Złocisty kolor nadają
kryształki amoniaku

Ruch ciepłych gazów
w górę



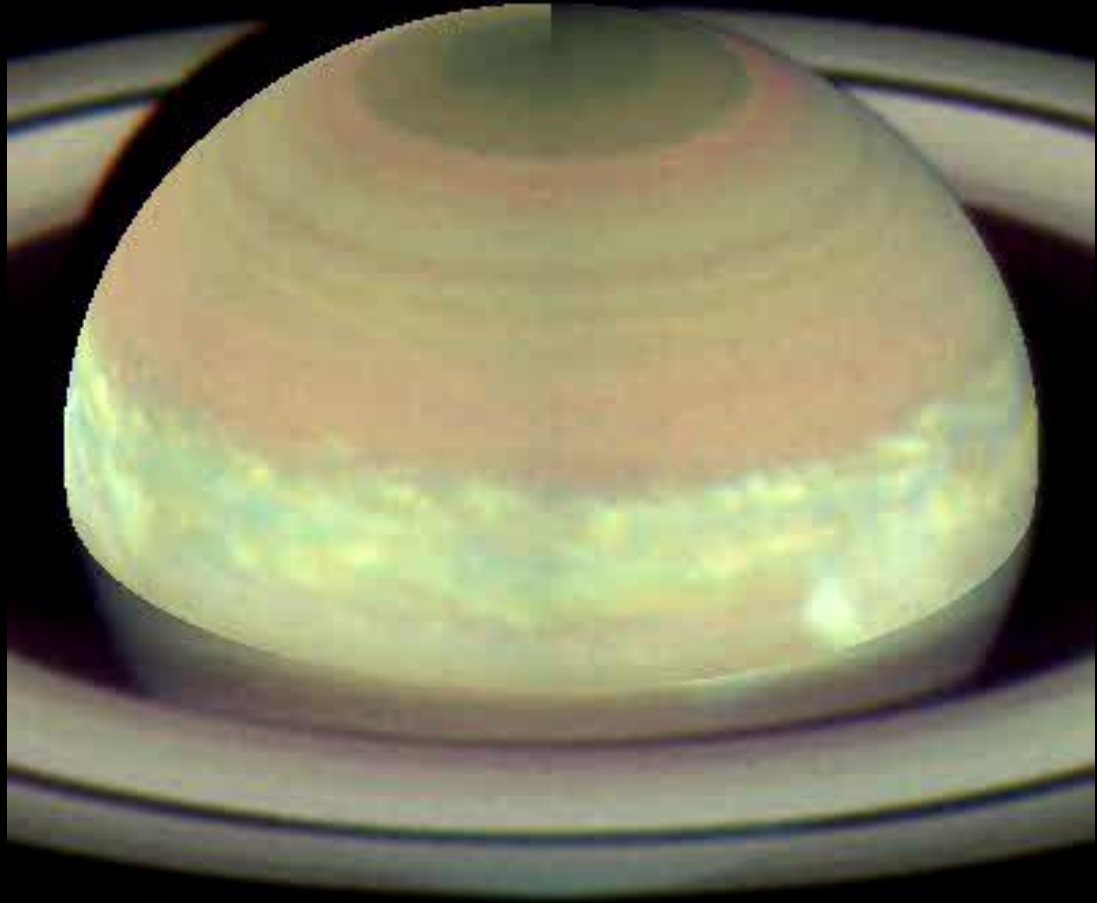
HST • WFPC2
December 1, 1994

PR94-53 • ST ScI OPO • December 1994 • R. Beebe (NMSU), NASA

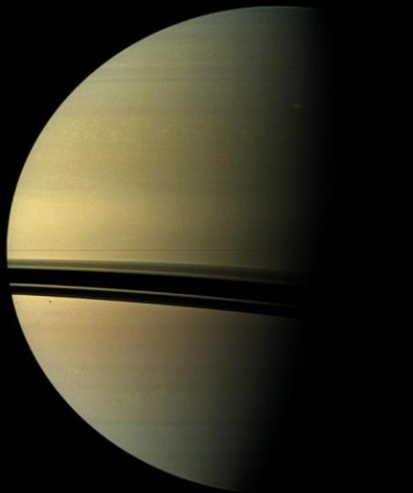
12/13/94 zgl

Wielka burza zaobserwowana we wrześniu 1990 roku,
zdjęcia HST z 17 listopada 1990, rozdzielczość 700km,
1 obrót Saturna, poprzednia taka burza obserwowana była
w 1933 roku

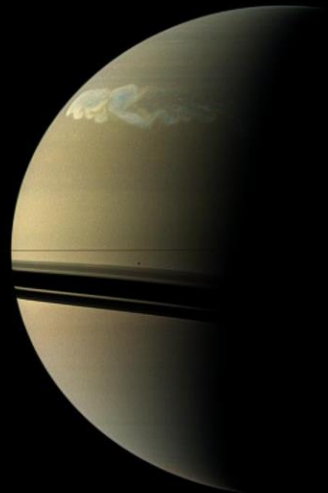
Chmury wynoszą na
powierzchnię znaczne
ilości H₂O,
rozciągają się od 5 do
58 stopni szerokości,
wiatr 450 m/s,
złocisty kolor –
kryształki amoniaku



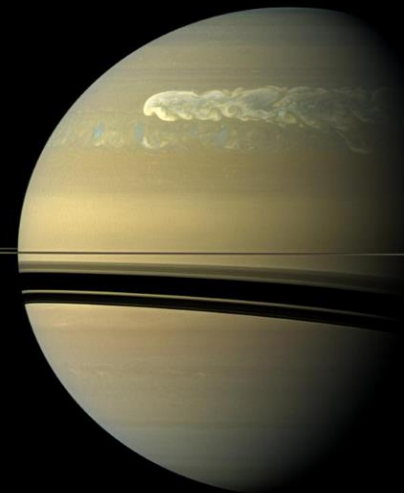
Dec 5, 2010



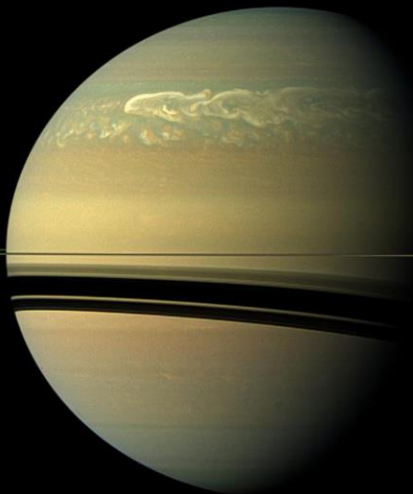
Jan 2, 2011



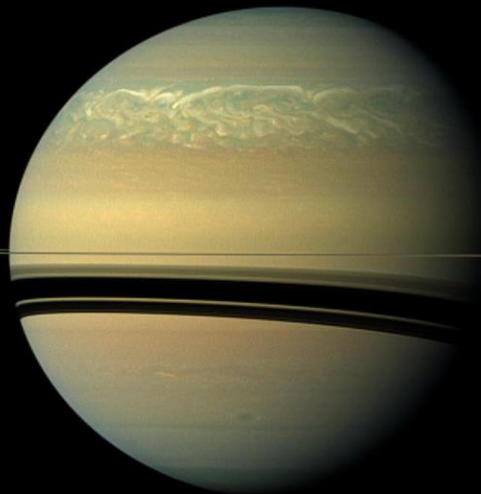
Feb 25, 2011



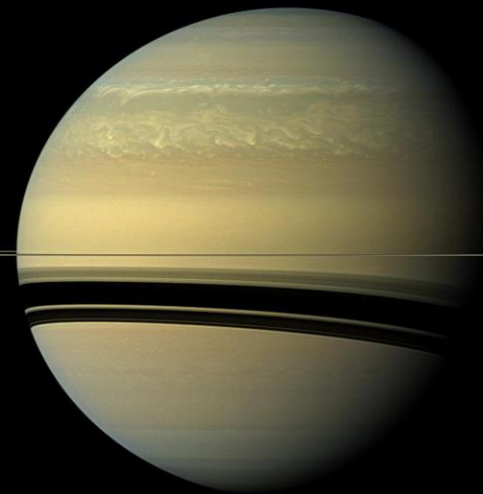
Apr 22, 2011



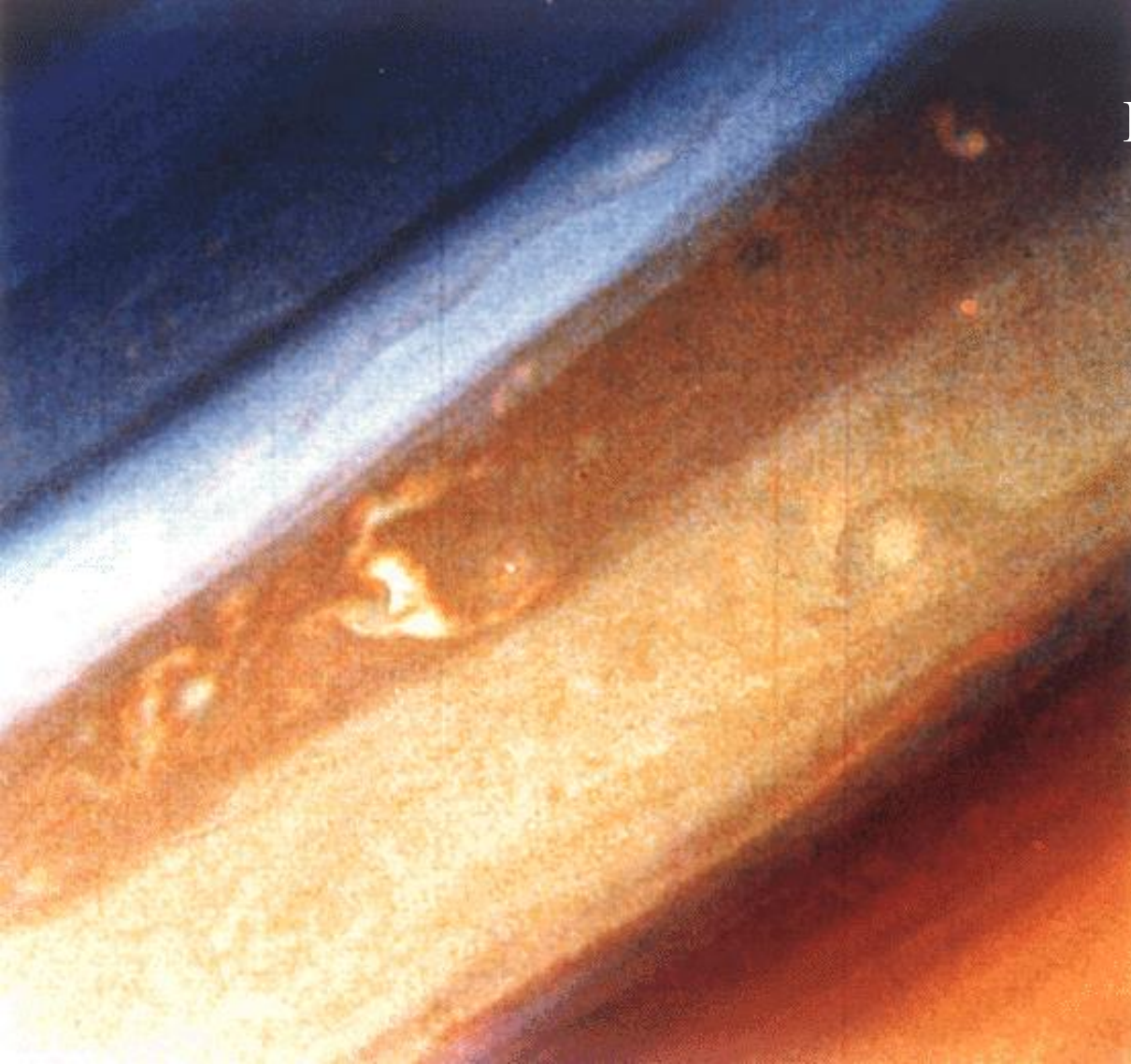
May 18, 2011



Aug 12, 2011

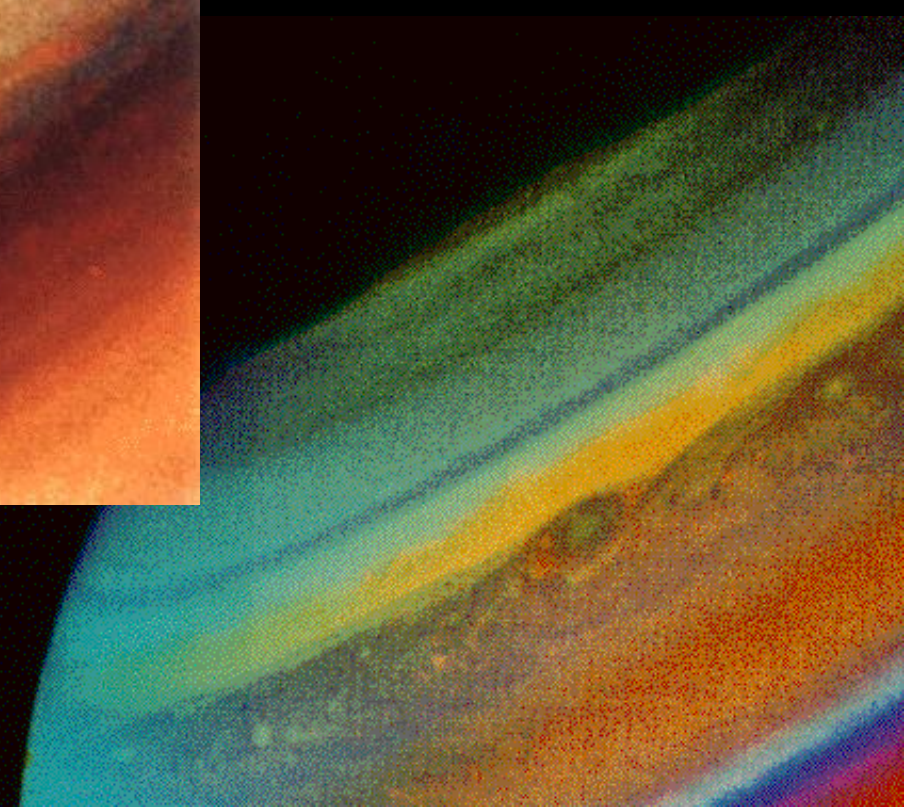


CHMURY KONWEKCYJNE



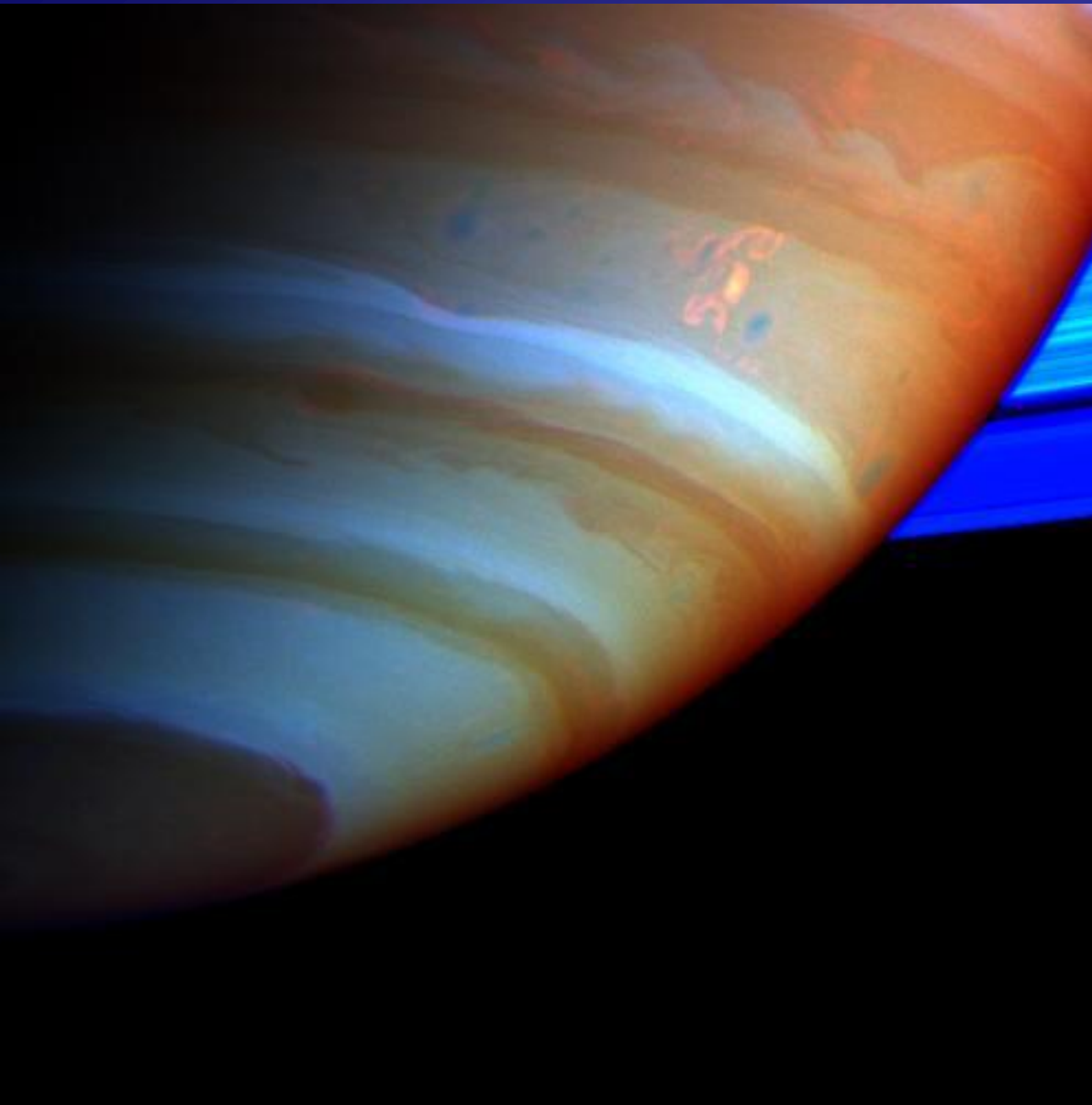
Małe chmury konwekcyjne
półkula północna

Voyager1 , 1980



HURAGANY

Huragan Smok – wrzesień 2004

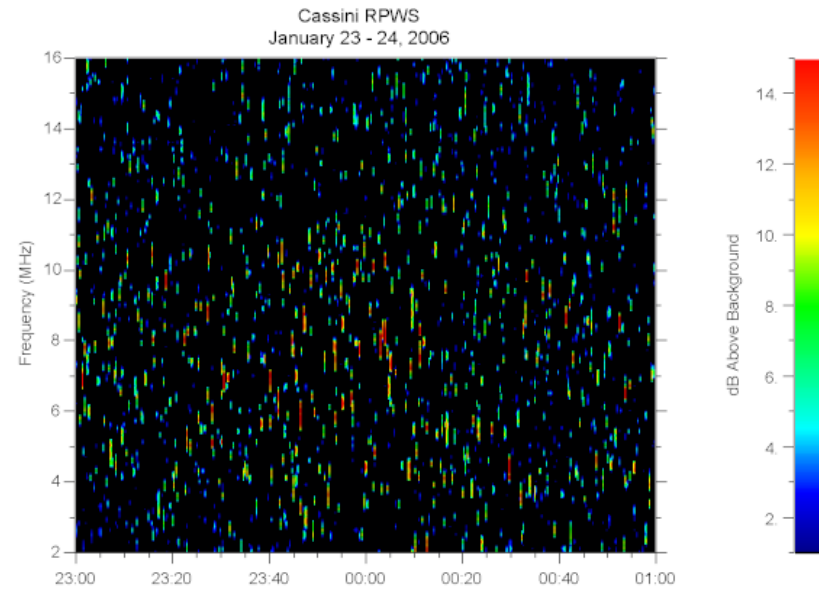


Huragan na „Alej
Huraganowej”
35^o S

Czerwony – chmury
głębokie (CH₄)
Niebieski – wysokie
Brąz - pośrednie

Błyskawice na Saturnie 23.01.2006

Czas trwania – 0.03 sek



DAY 256 2004

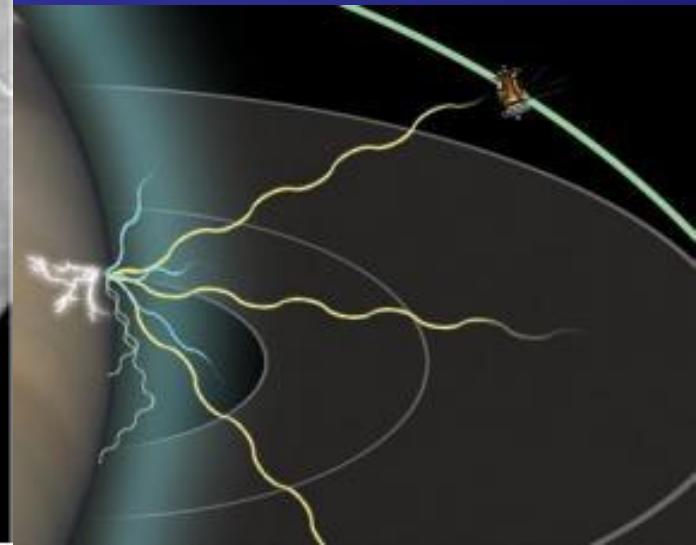
Eruptive Cloud Feature

600

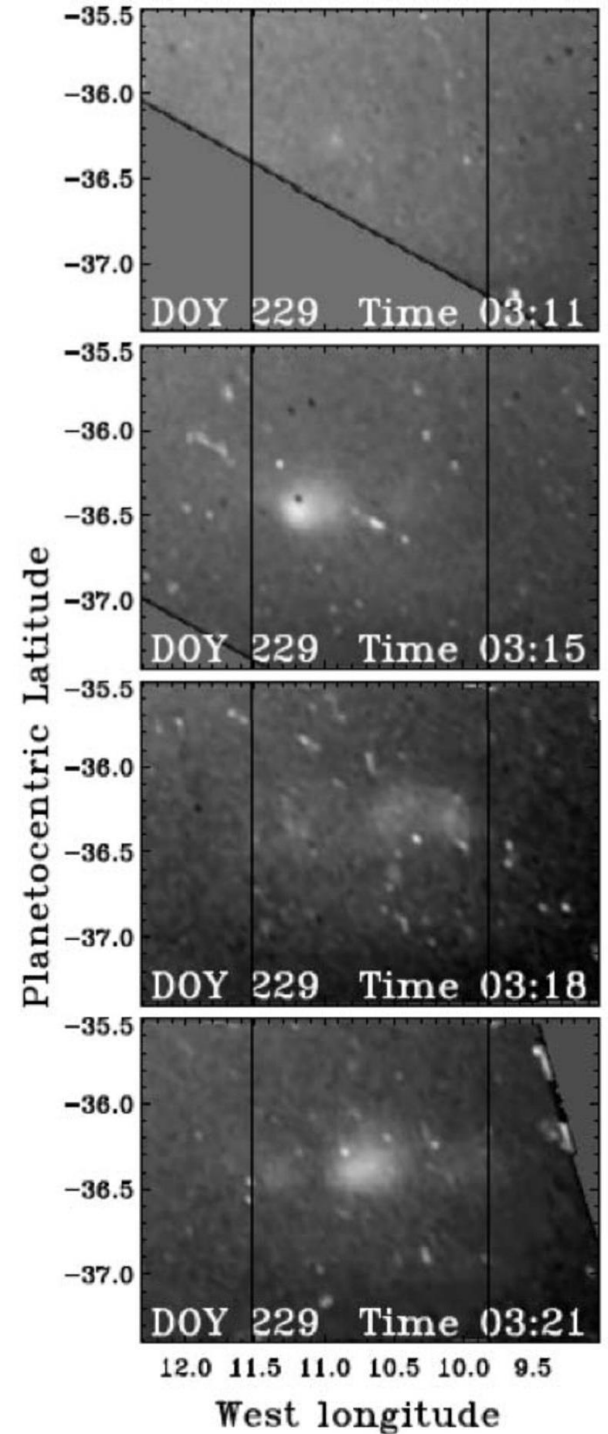
SED Source



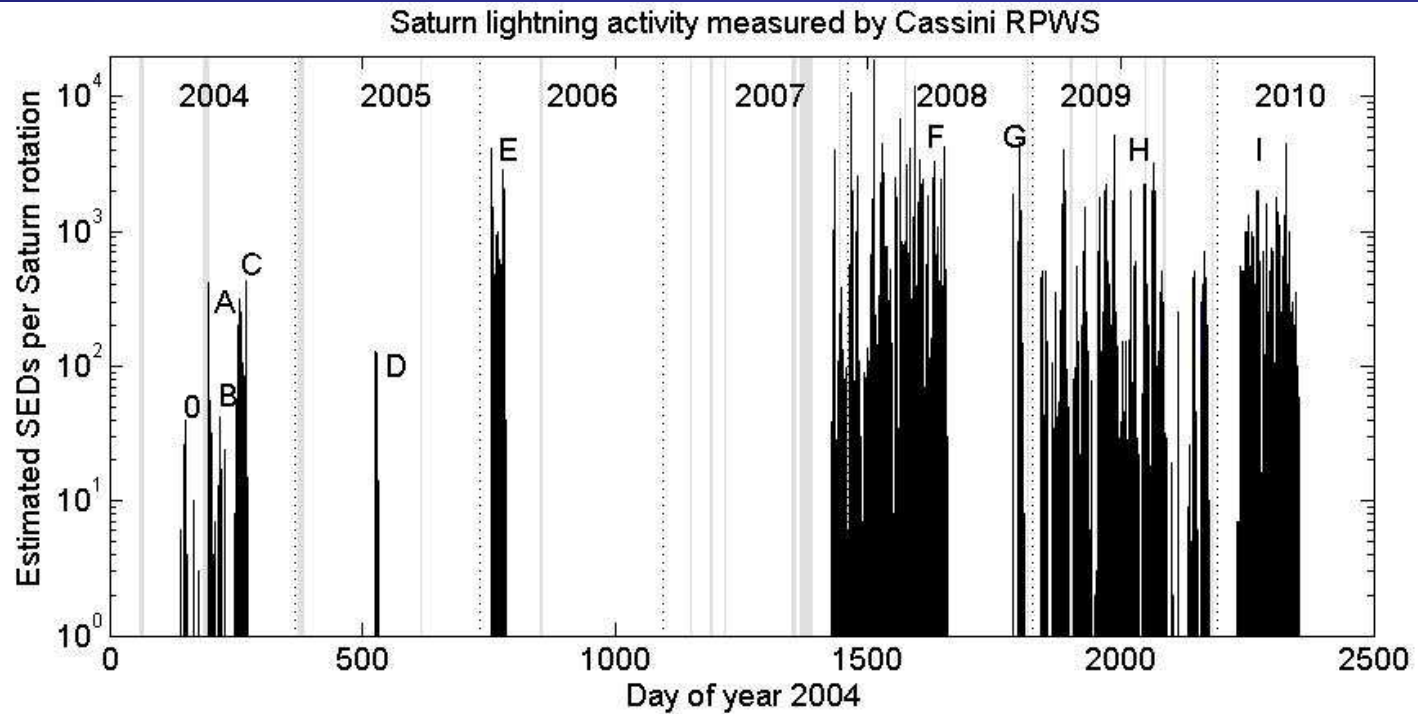
A grayscale image of Saturn's surface showing a large, bright, irregularly shaped cloud feature. A dashed white line outlines the feature. An arrow points to the top of the feature with the label 'Eruptive Cloud Feature'. Another arrow points to a smaller, bright spot within the feature with the label 'SED Source'. A third arrow points to a scale bar labeled '600'.



Wyładowania w zakresie widzialnym (Cassini 2009)

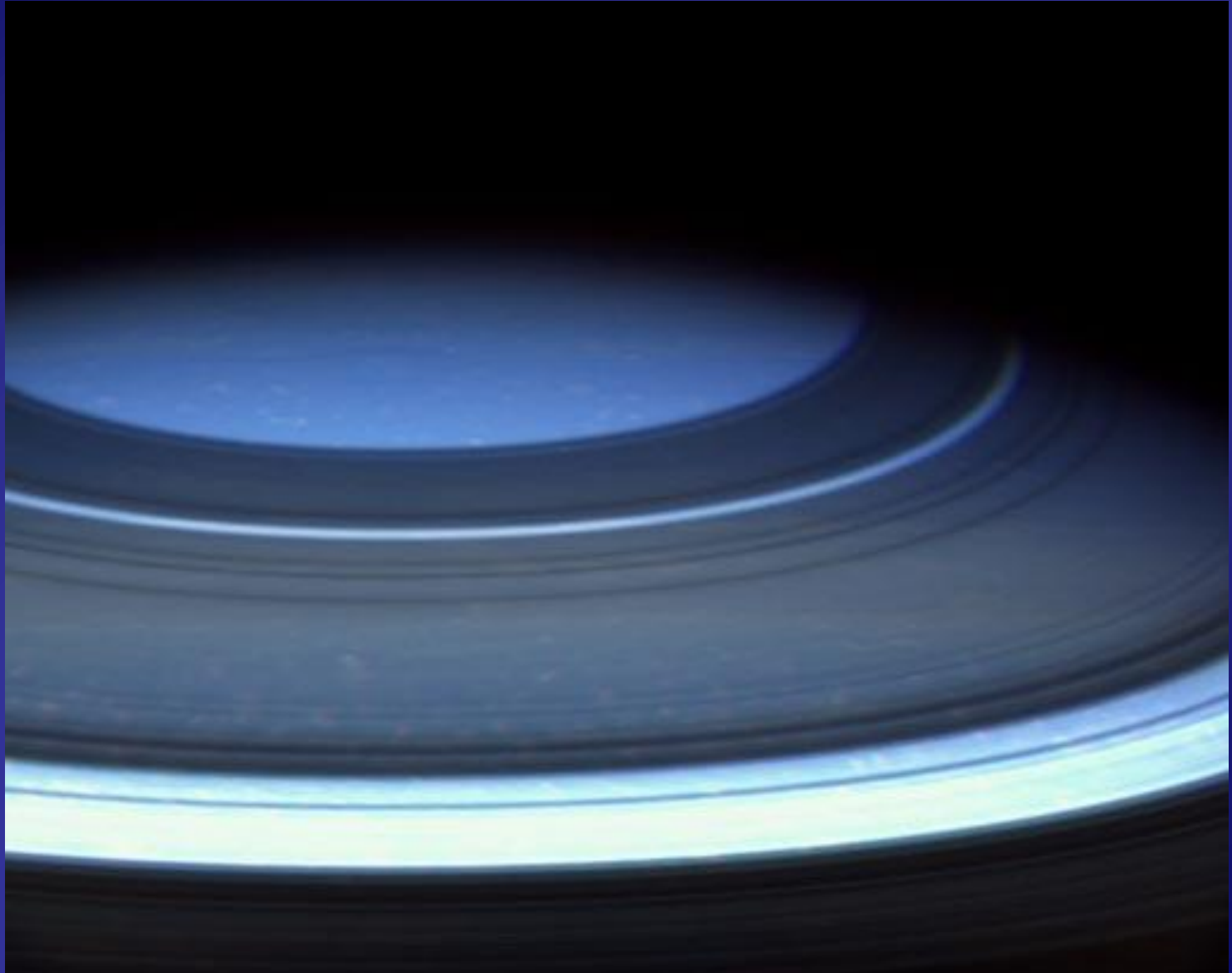


Częstość wyładowań

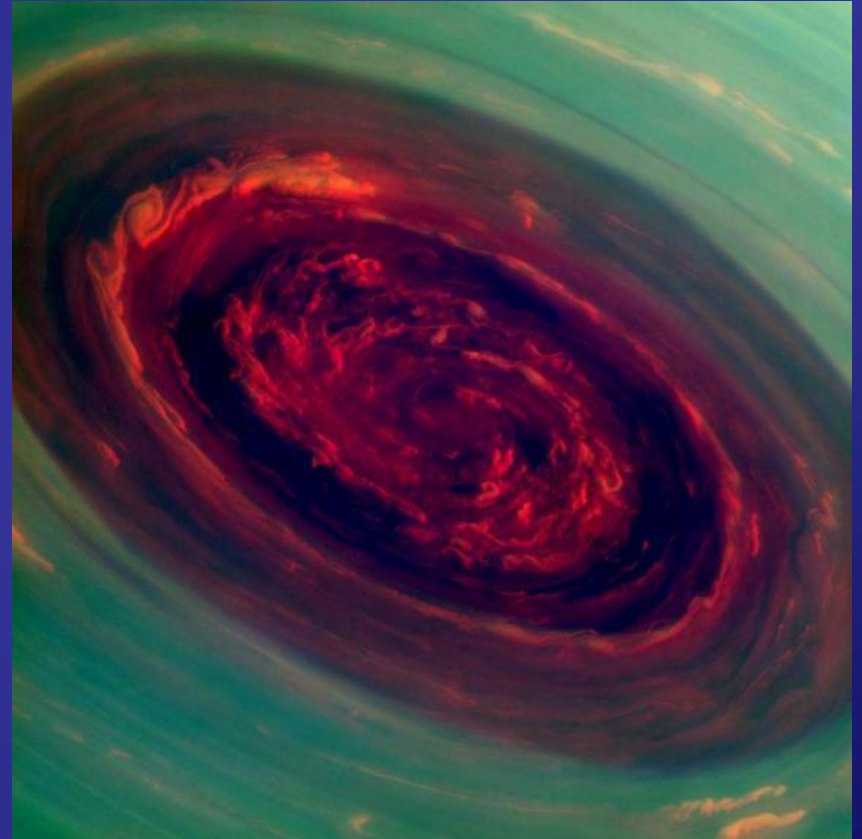
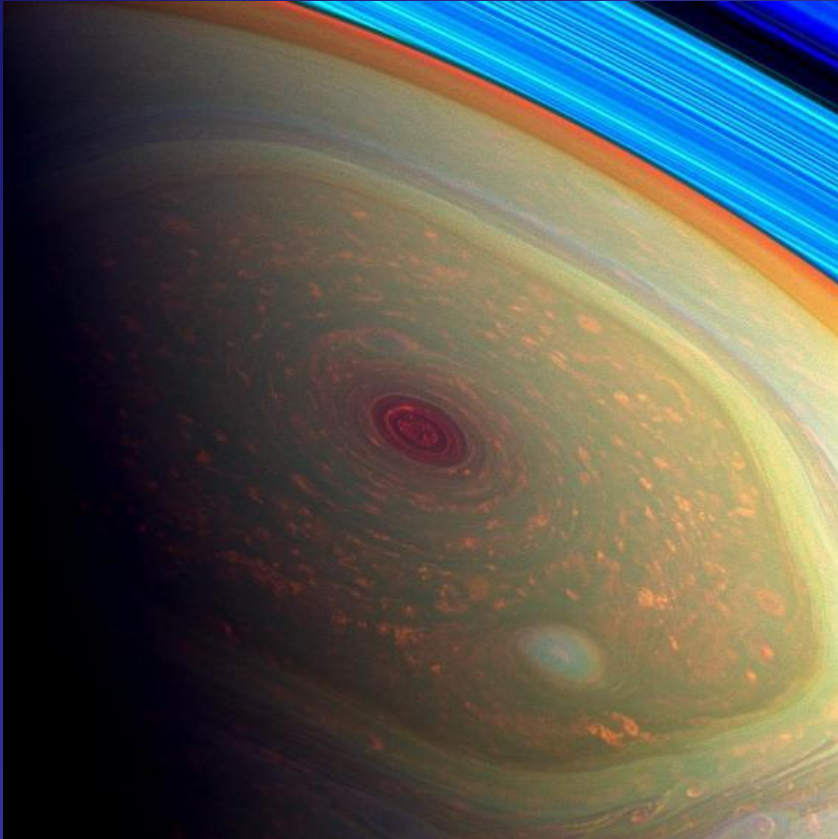


HURAGANY BIEGUNOWE

Błękit północnego bieguna – grudzień 2004 (brak chmur)

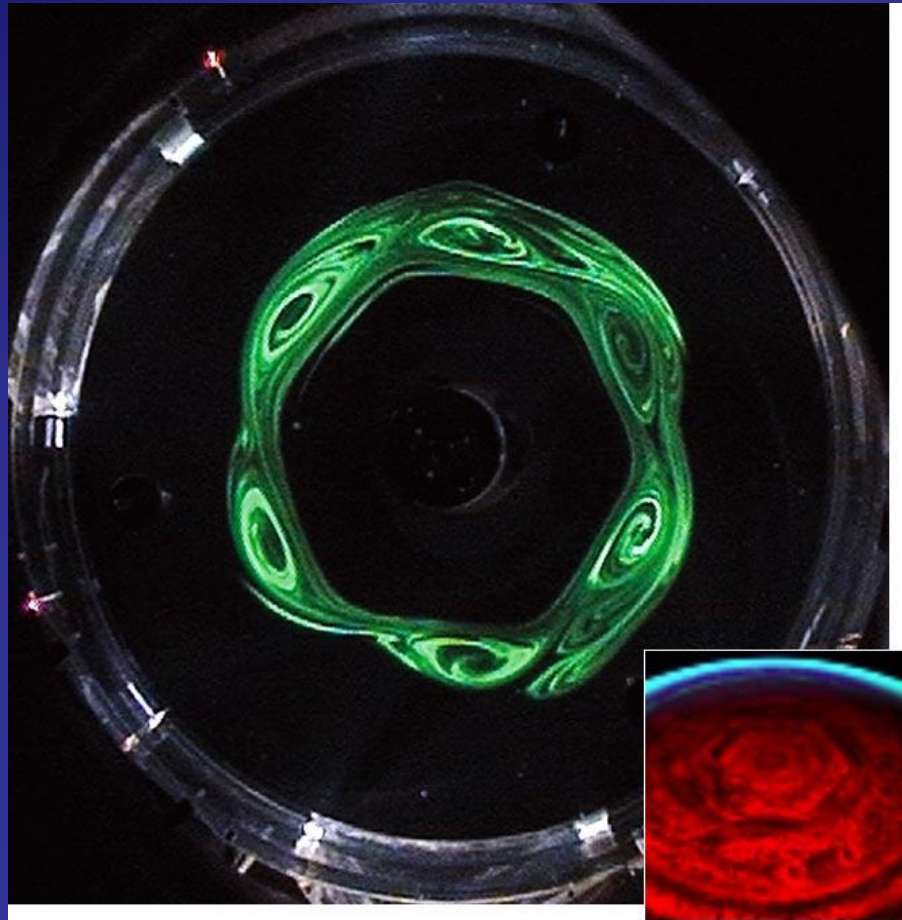


rok 2013



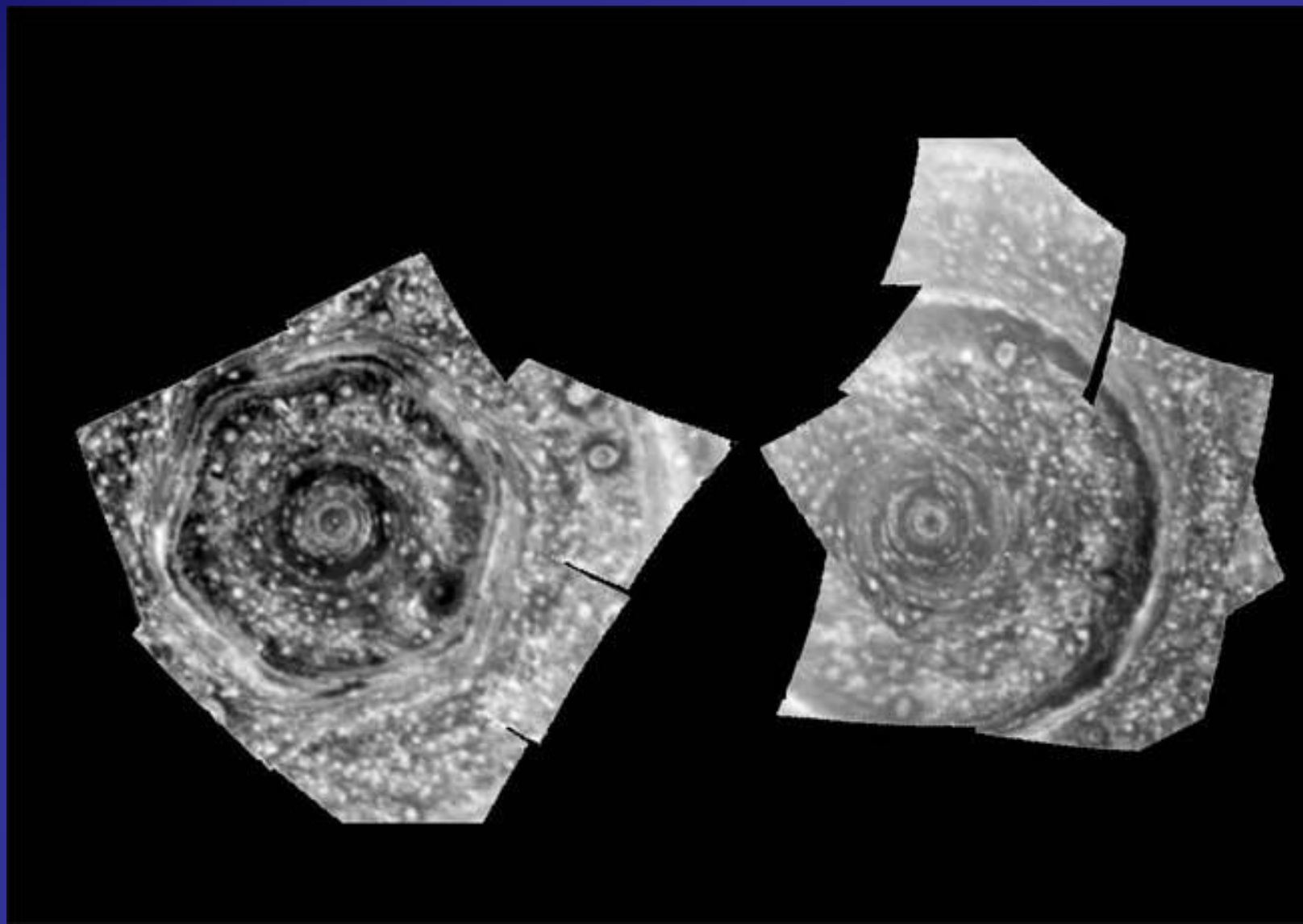
<http://www.youtube.com/watch?v=U34esWl36JU>

Eksperyment laboratoryjny



<http://www.planetary.org/blogs/emily-lakdawalla/2010/2471.html>

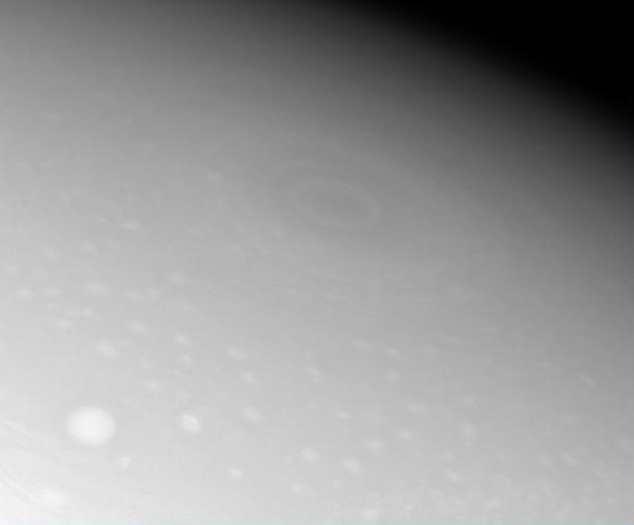
Huragany na biegunach północnym i południowym (czerwiec 2008, Cassini)



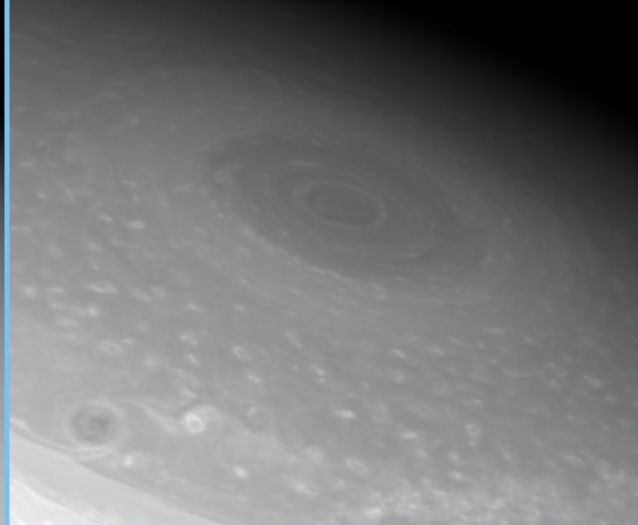
Huragan na biegunie południowym

11.09.2006

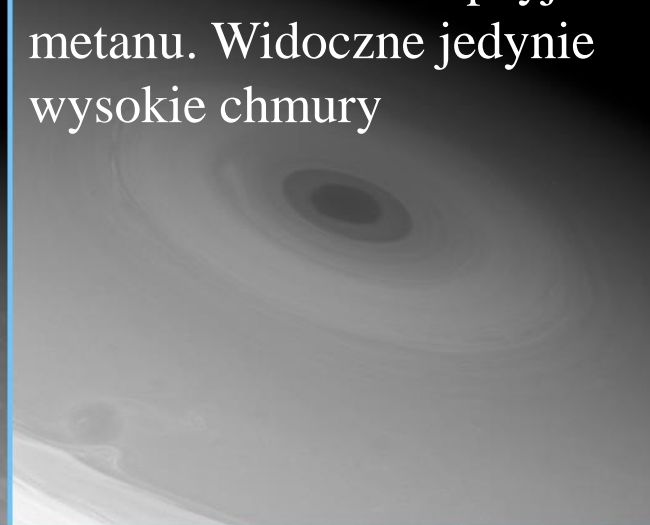
460 nm- niebieska linia



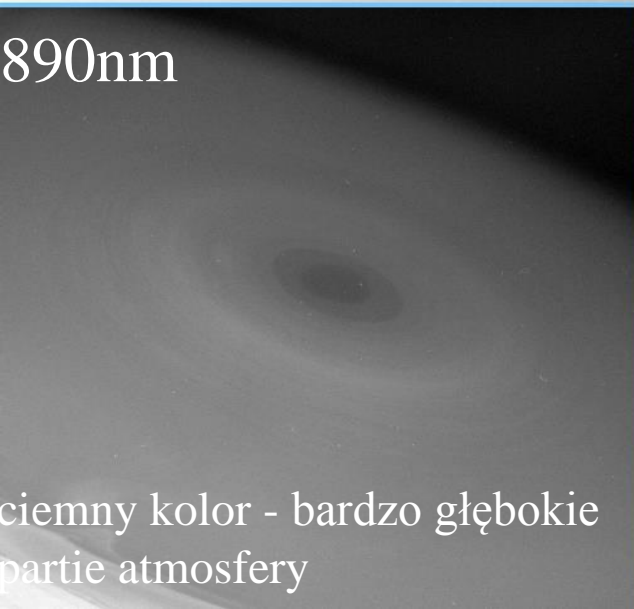
752 nm



728 nm – linia absorpcyjna metanu. Widoczne jedynie wysokie chmury

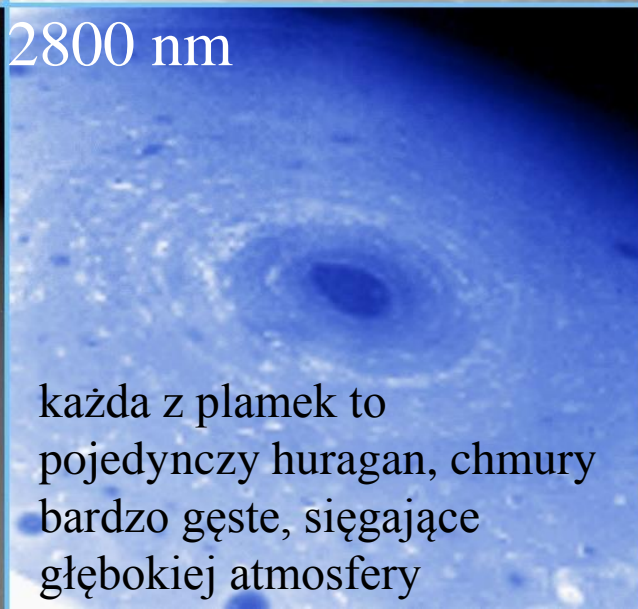


890nm



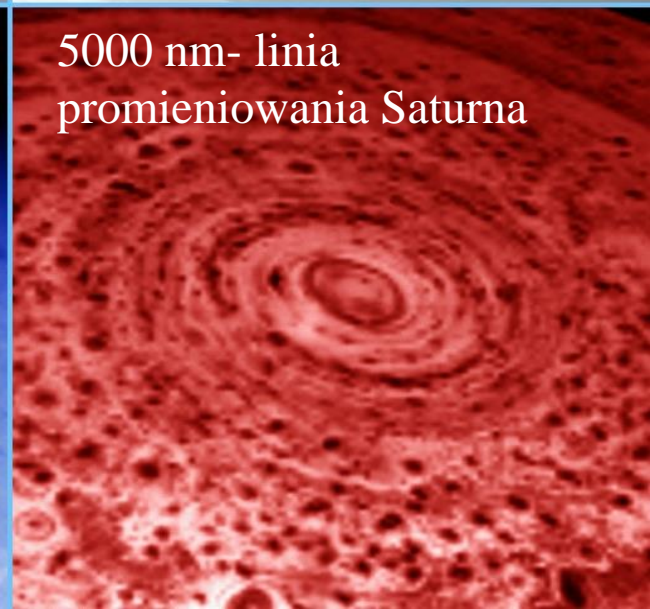
ciemny kolor - bardzo głębokie partie atmosfery

2800 nm

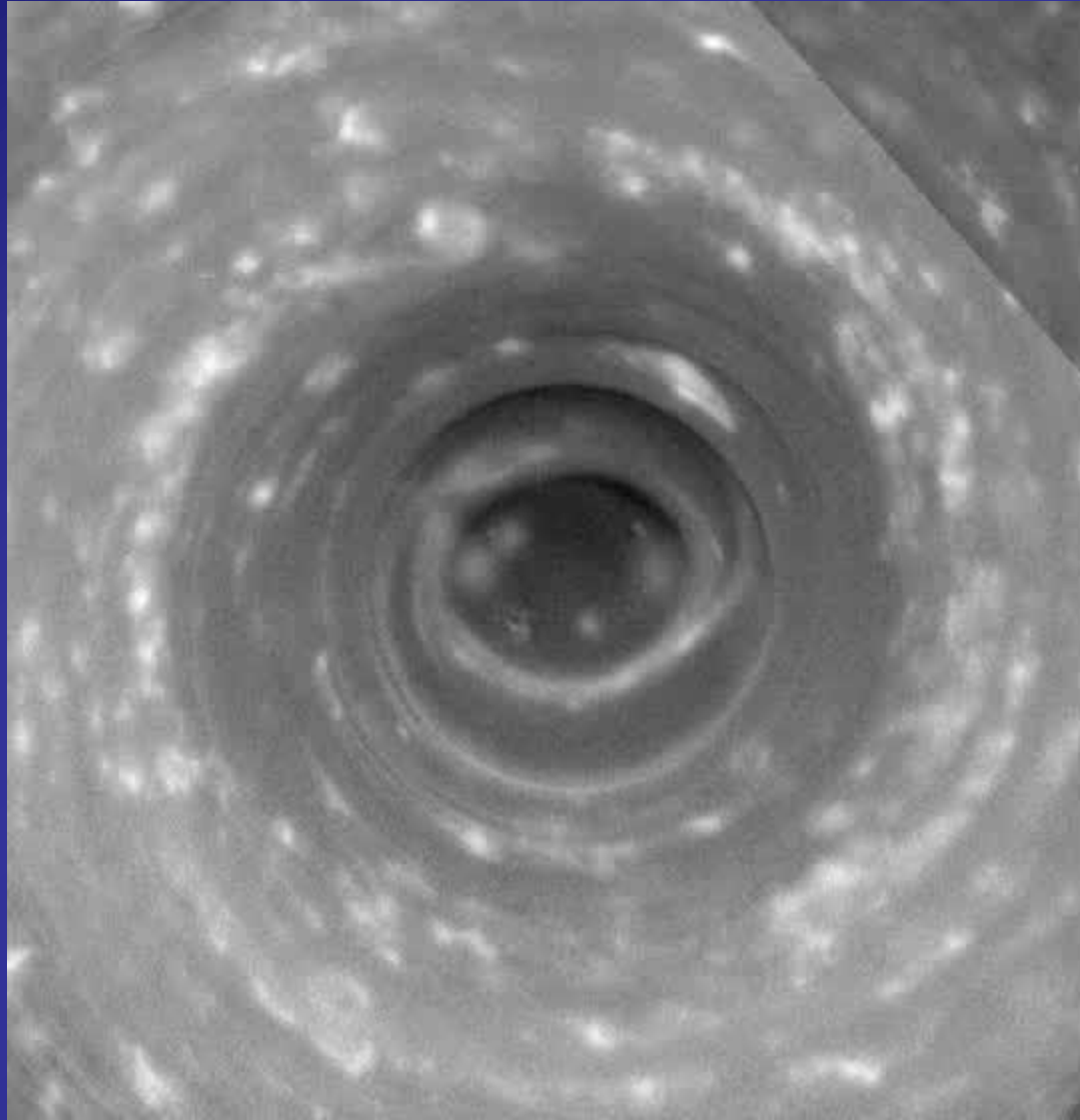


każda z plamek to pojedynczy huragan, chmury bardzo gęste, sięgające głębokiej atmosfery

5000 nm- linia promieniowania Saturna



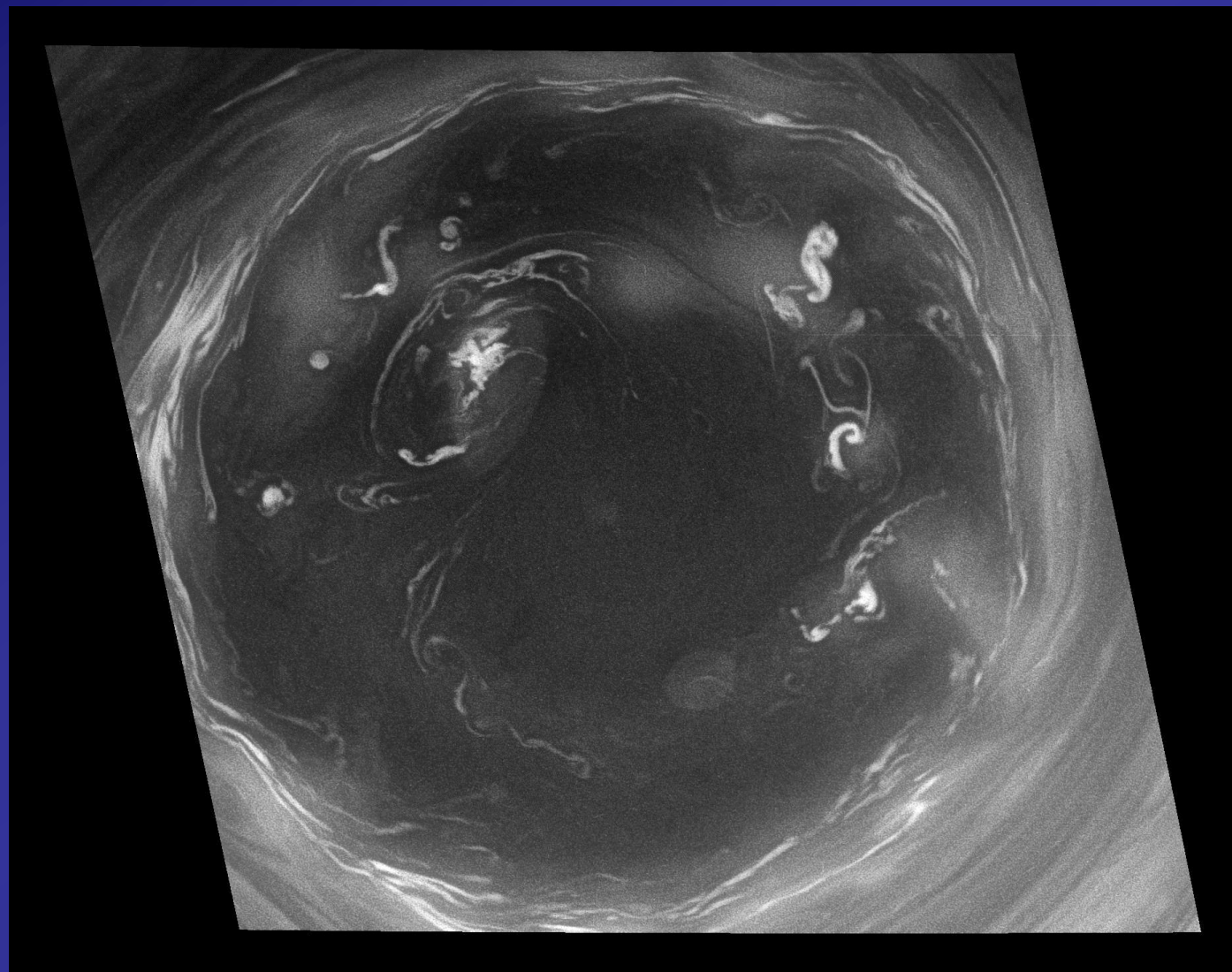
Okno huraganu – 11 październik 2006



550 km/godz

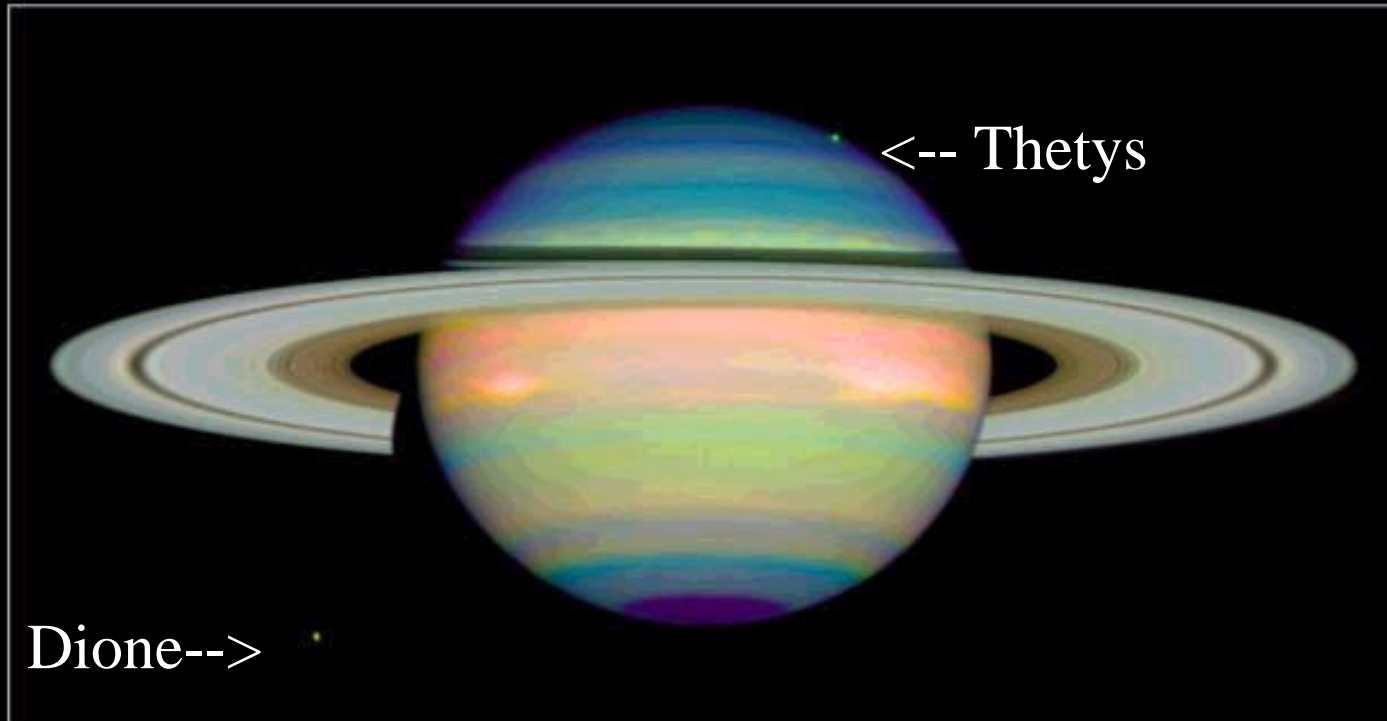
8000 km

Chmury konwekcyjne na biegunie półd, czerwiec 2008



MGLY

Mgły

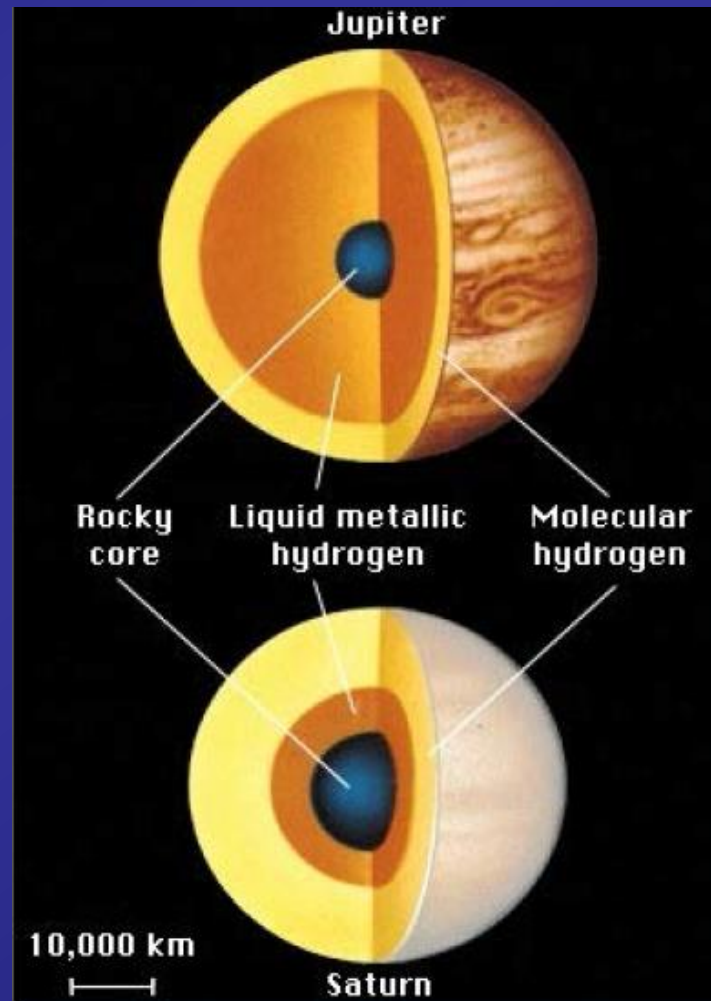
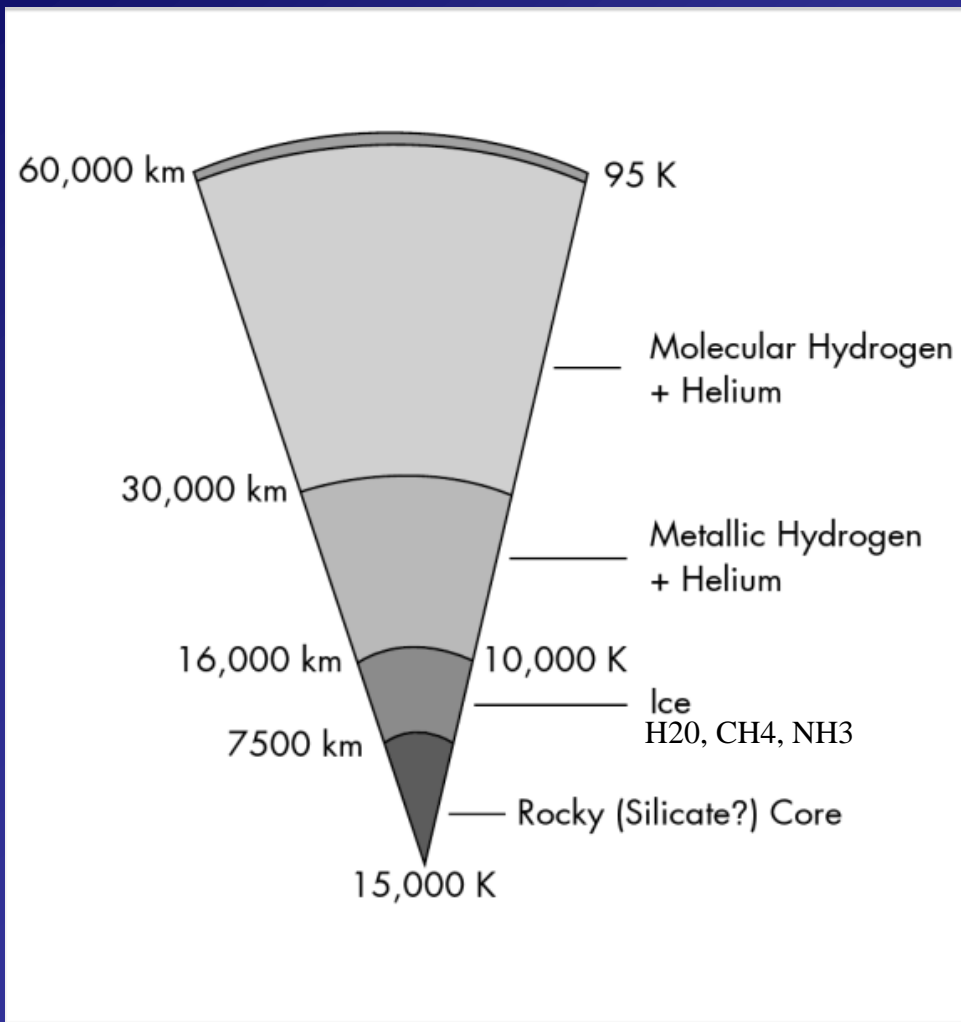


Saturn • January 4, 1998
Hubble Space Telescope • NICMOS

PRC98-18 • April 23, 1998 • ST ScI OPO • E. Karkoschka (University of Arizona) and NASA

- niebieski - atm. przezroczysta aż do głównego pasma chmur,
- zielony - pasma mgły (żółty mgła gęsta)
- pomarańczowy - chmury wysokie (czerwony sięgające najwyżej)
- biały - burzowe, (ten po lewej jest rozmiarów Ziemi)

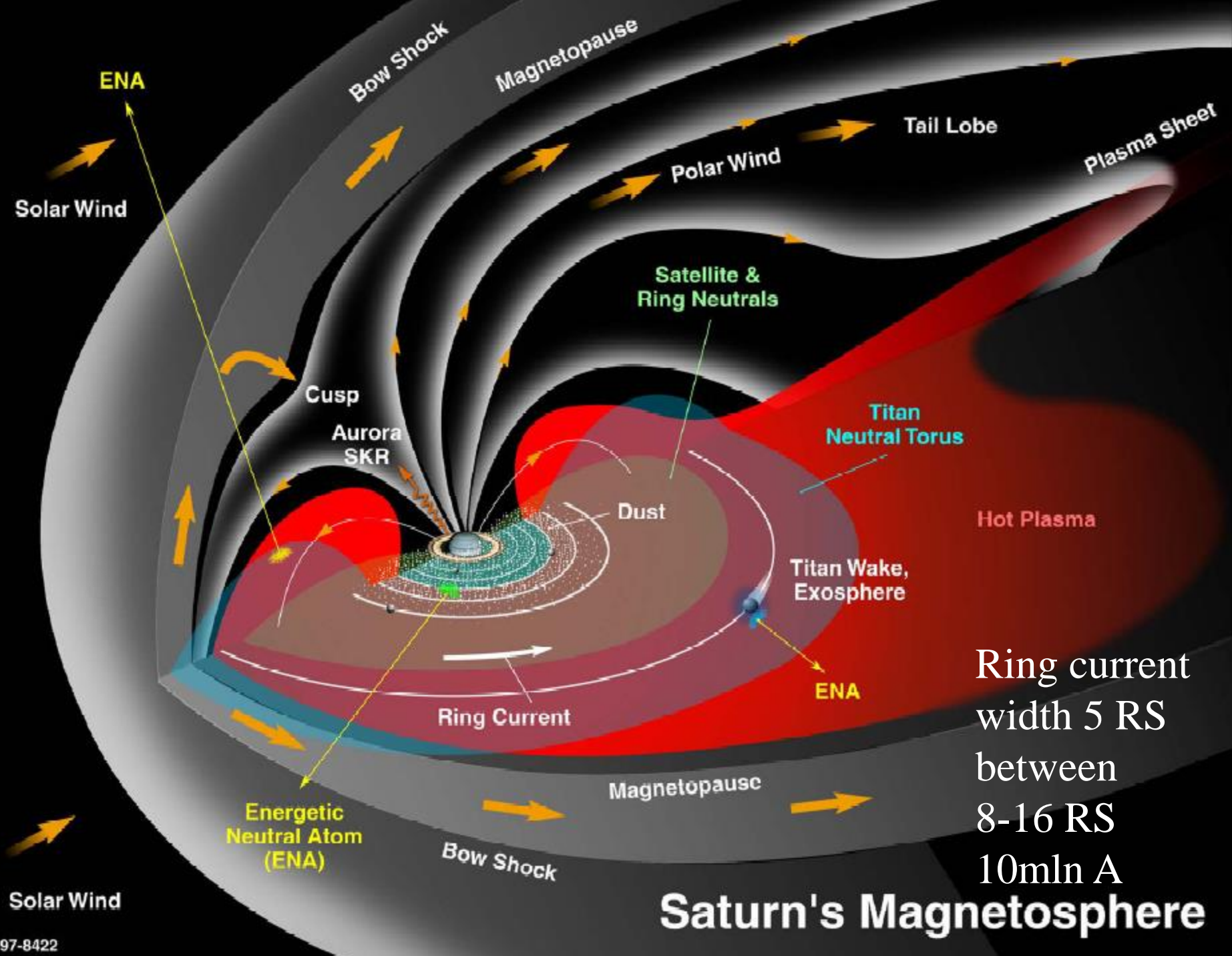
Wnętrze Saturna



Magnetosfera

Cechy

- Pole magnetyczne o połowę słabsze niż jowiszowe – Saturn ma mniejszą warstwę wodoru metalicznego niż Jowisz
- Fala uderzeniowa w odległości 20-35 RS, szerokość 2000 km
- Kołowy prąd równikowy (10^7 A) w odległości 600000km od Saturna
- W widmie promieniowania przeważa promieniowanie kilometrowe będące najprawdopodobniej wynikiem oddziaływania elektronów z wiatru słonecznego z polem magnetycznym Saturna przy biegunach



ENA
Solar Wind

Bow Shock
Magnetopause

Tail Lobe
Plasma Sheet

Polar Wind

Satellite &
Ring Neutrals

Cusp
Aurora
SKR

Titan
Neutral
Torus

Hot Plasma

Dust

Titan
Wake,
Exosphere

Ring Current

ENA

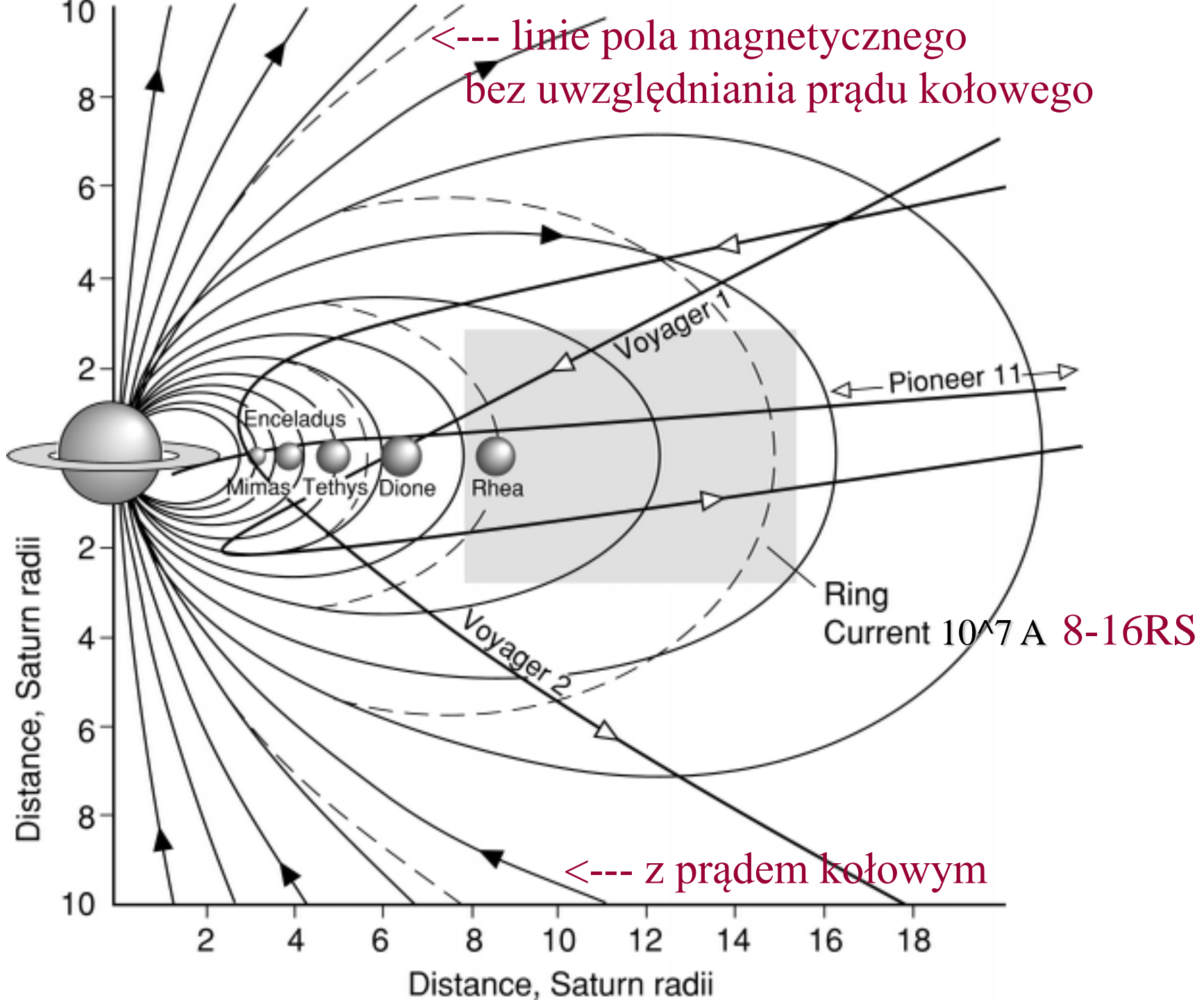
Energetic
Neutral Atom
(ENA)

Magnetopause

Bow Shock

Solar Wind

Saturn's Magnetosphere



Saturn źródłem silnych fal radiowych



bizzare



eerie

Cassini 2002,
380 mln km od Saturna,

Źródłem zorze polarne

100-1000 razy słabsze niż na Jowiszu

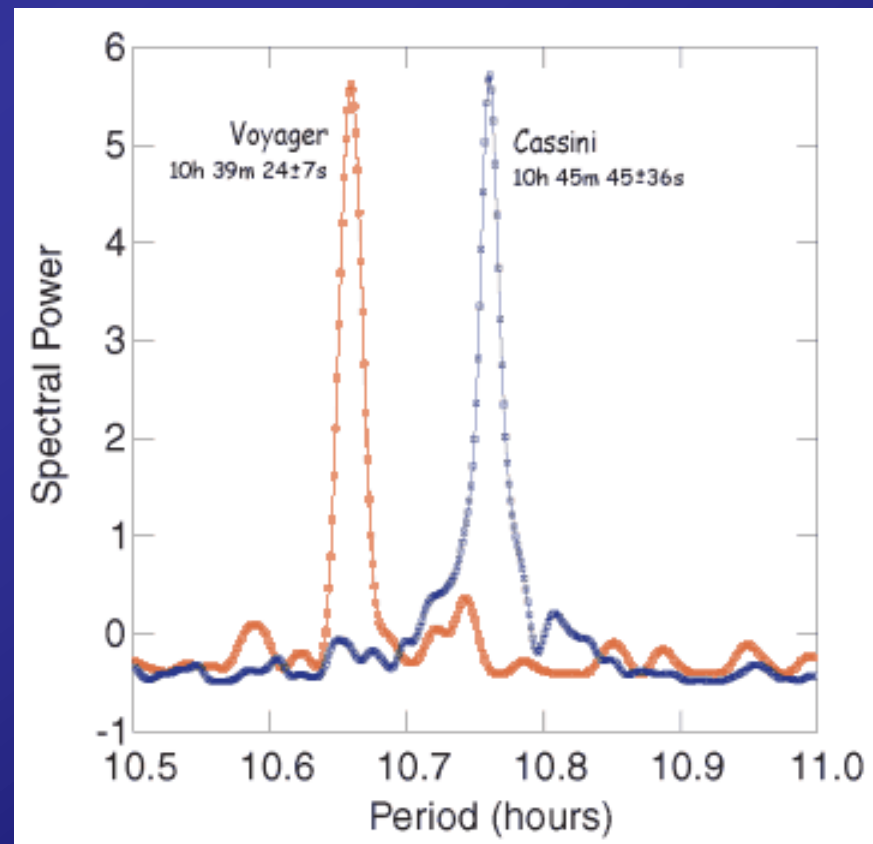
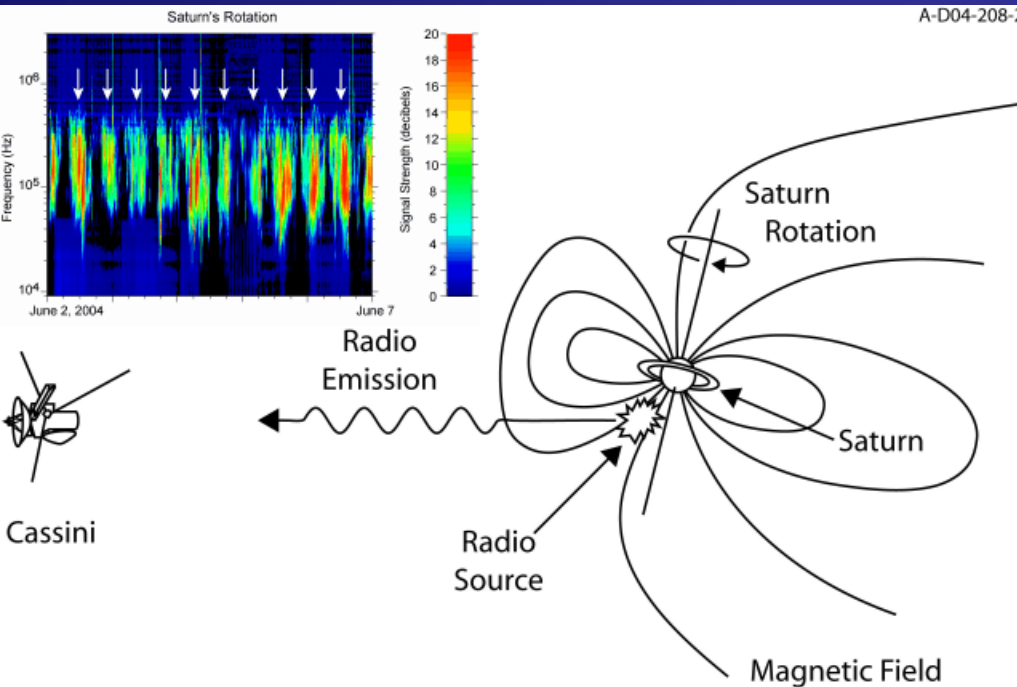
głównie H



oprócz zorzy
okołobiegunowych
Voyager 1 zarejestrował
zagadkowe UV emisje wodoru
po słonecznej stronie planety
w szerokościach $\Phi \sim 65^\circ$

1. Zmieniają się powoli
2. Część rotuje z planetą,
a część zgodnie z kierunkiem
wiatru słonecznego
3. Ował zorzy przemieszcza się
szybko w szerokości
4. Często centrum owalu zorzy
nie jest biegun magnetyczny

Okres rotacji z namierzania źródła radiowego



Podsumowanie misji Cassini

<https://www.youtube.com/watch?v=aqSCoQJxbMI>

LITERATURA

http://www.nasa.gov/mission_pages/cassini/main/index.html

<http://saturn.jpl.nasa.gov/science/index.cfm?SciencePageID=51>

<https://saturn.jpl.nasa.gov/news/2892/cassini-10-years-at-saturn-top-10-discoveries/#six>