

Radiowy Wszechświat

*Krajowa Konferencja Radiokomunikacji, Radiofonii i Telewizji, Wrocław, 10-12 czerwca
2013*

Dlaczego badamy Wszechświat ?

*M. Kopernik – ... Cóż piękniejszego nad niebo, które
przecież ogarnia wszystko co piękne...*

- Poznanie, zaspokojenie ludzkiej ciekawości > **WIEDZA***
- Budowa Wszechświata (we wszystkich obserwowanych skalach)*
- Prawa przyrody ich uniwersalność*
- Stany materii, źródła i formy energii*
- Ewolucja Słońca, Ziemi i całego Wszechświata*
- Powstanie i ewolucja form żywych*
- Poszukiwanie pozasłonecznych układów planetarnych
i rozwiniętych cywilizacji*
- Ekspansja naszej cywilizacji => kolonizacja kosmosu*

Toruńskie Centrum Astronomii UMK

Piwnice koło Torunia

<http://www.astr.uni.torun.pl>





Prof. Władysław Dziewulski

(1878-1972)

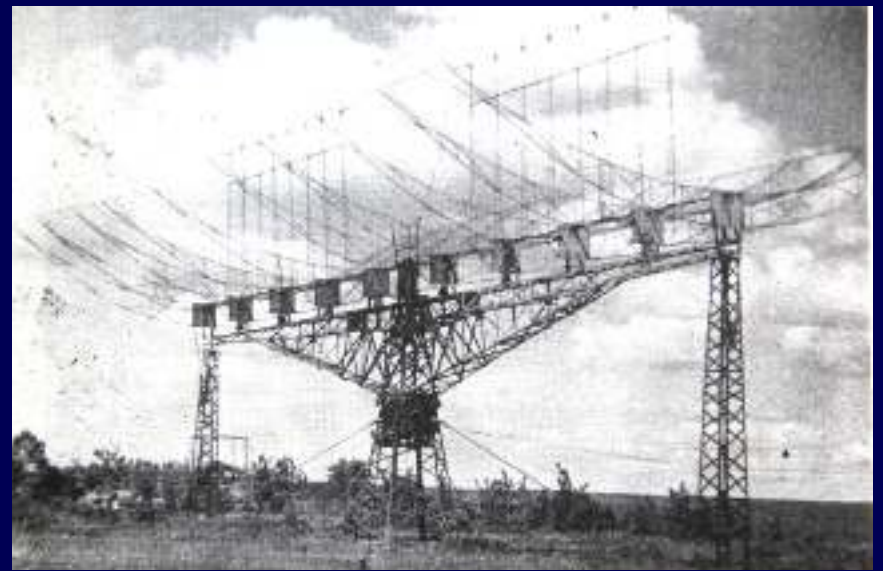


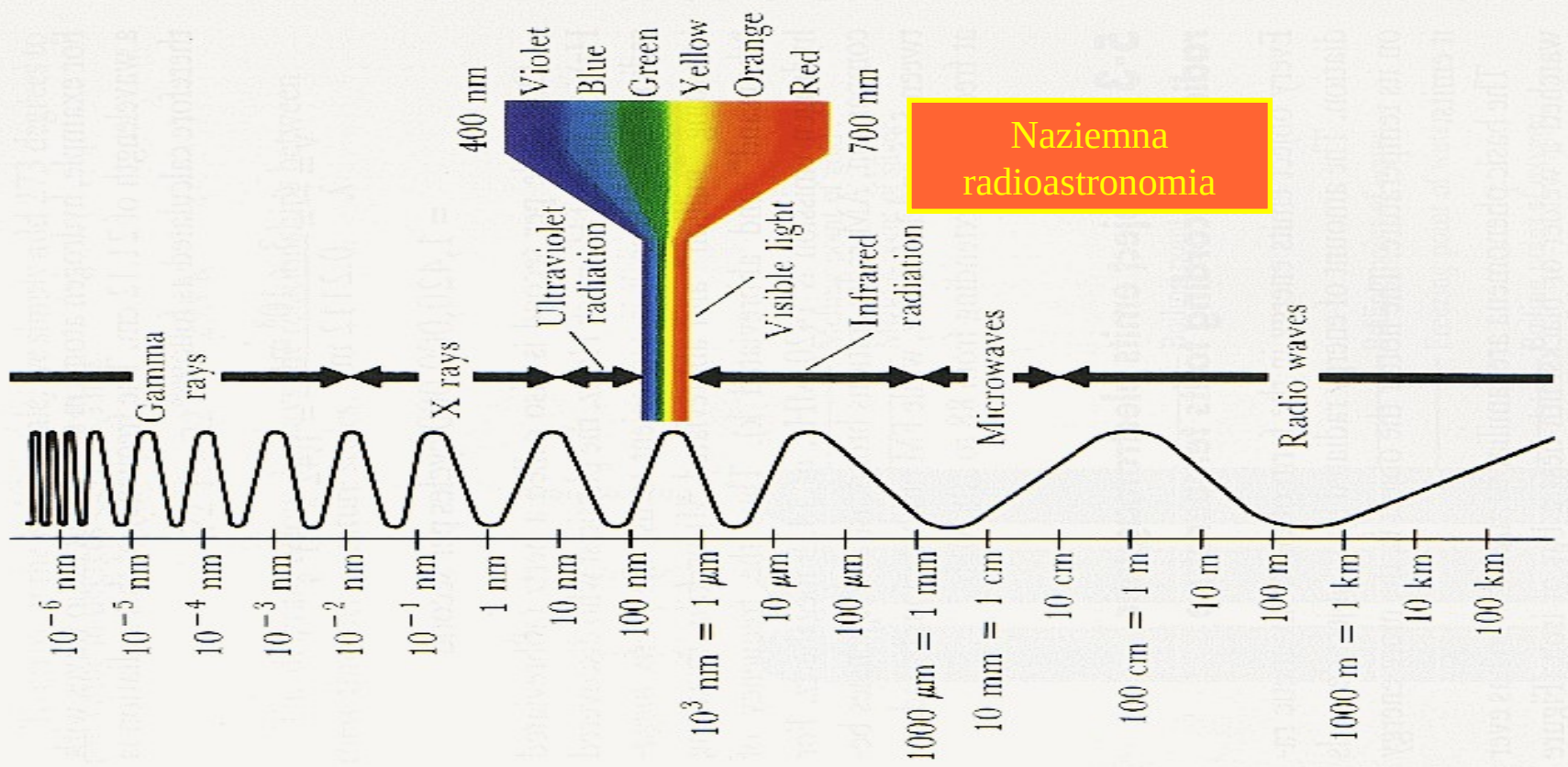
Prof. Wilhelmina Iwanowska



Prof. Stanisław Gorgolewski

Pionierzy współczesnych badań astronomicznych w Toruniu



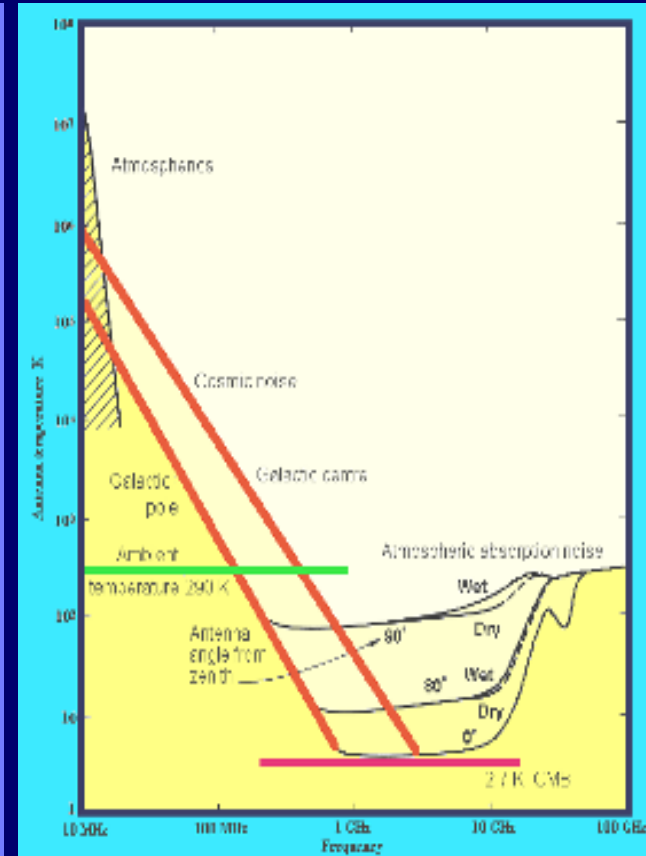
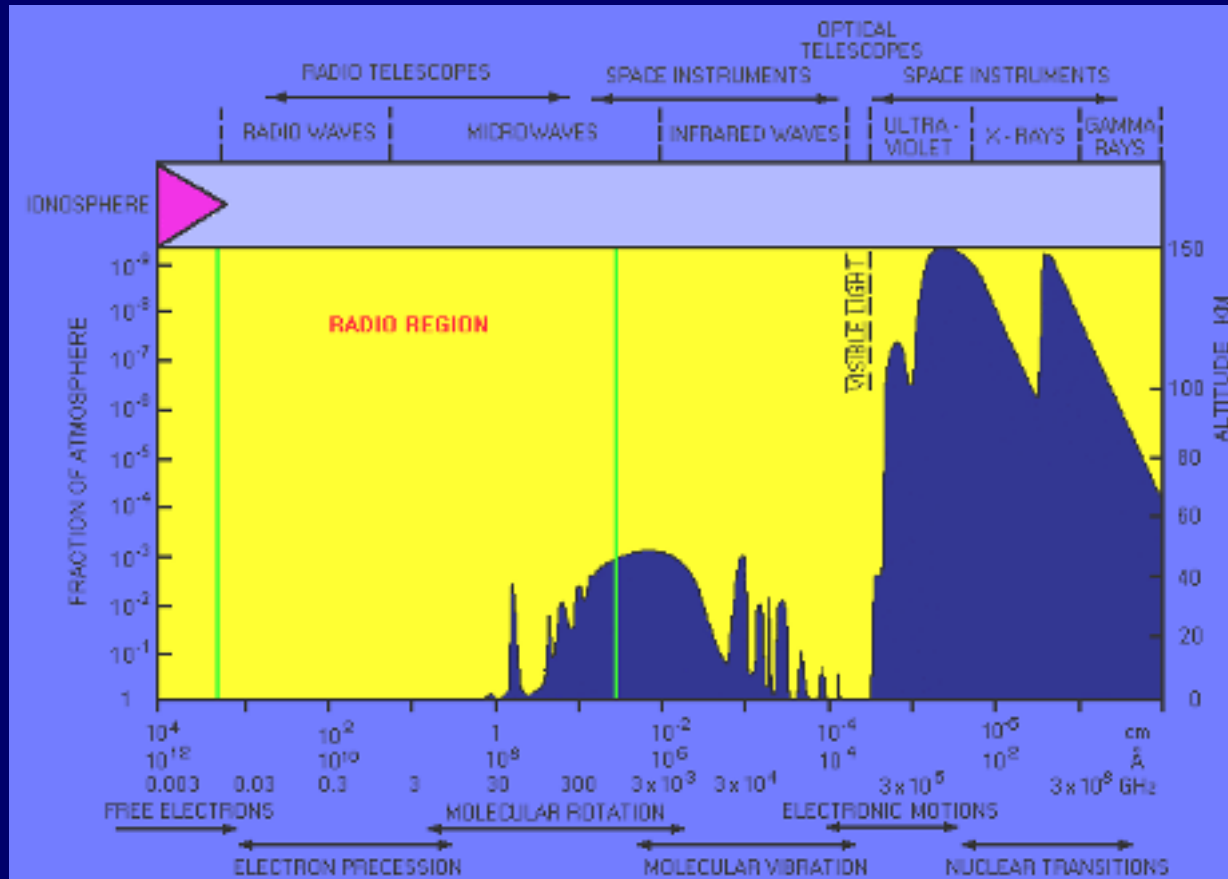


Short wavelength
High frequency
High energy

Long wavelength
Low frequency
Low energy

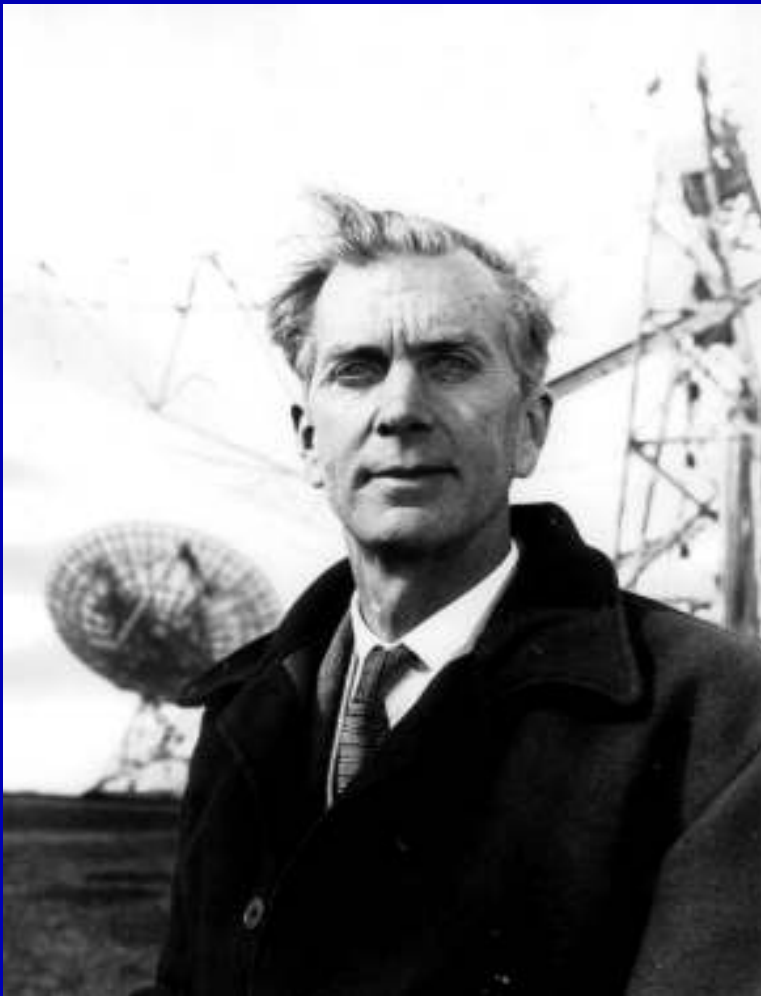
Badania astronomiczne w zakresie radiowym

- Zakres widmowy
- Ograniczenia



Kątowa rozdzielczość $\sim D$

Czułość $\sim D^2$



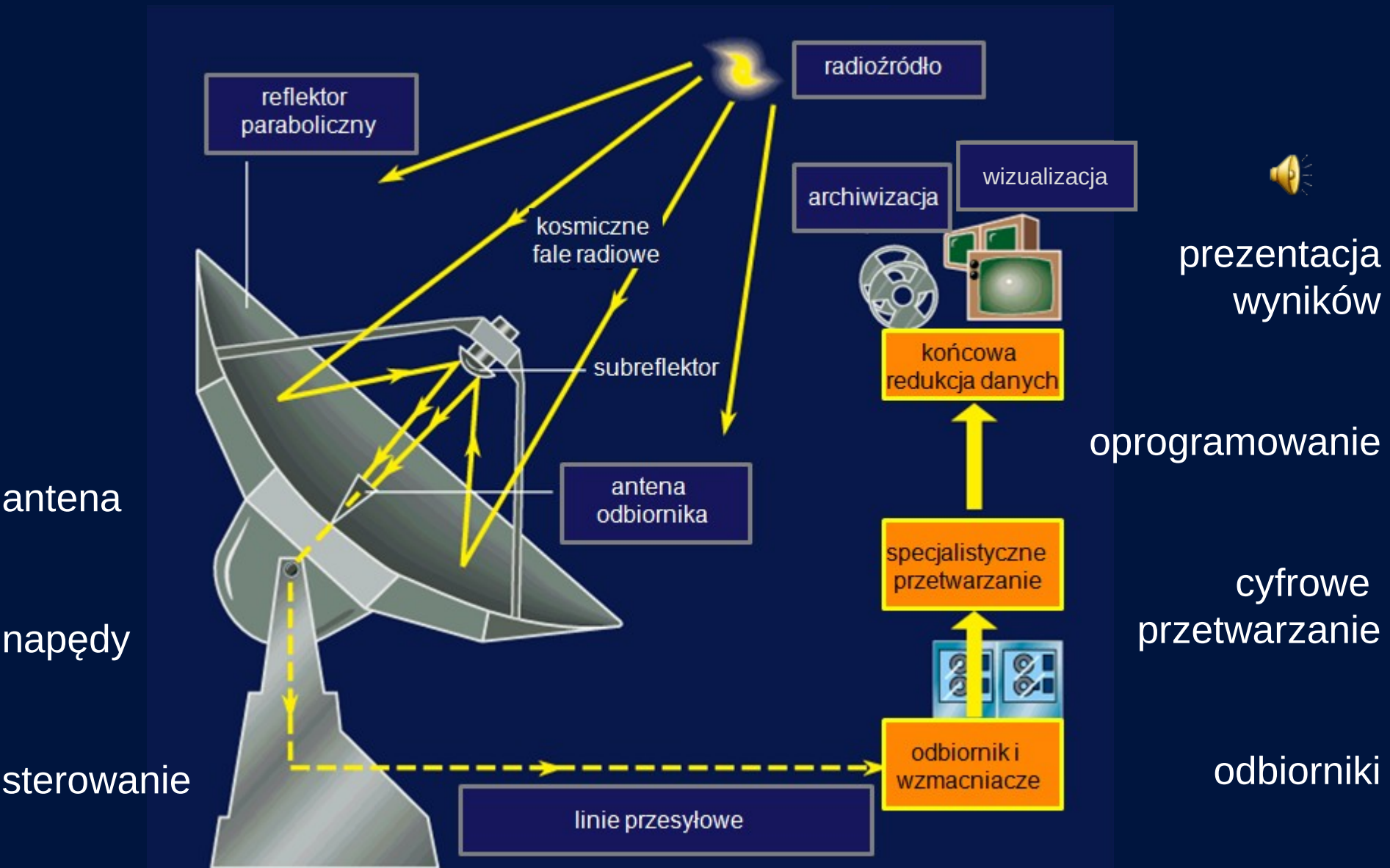
Sir Martin Ryle



Sir Anthony Hewish

Mullard Radio Astronomy Observatory, Cambridge University, England

radioteleskop



antena

napędy

sterowanie

reflektor paraboliczny

kosmiczne fale radiowe

subreflektor

antena odbiornika

linie przesyłowe

radioźródło

archiwizacja

wizualizacja

końcowa redukcja danych

specjalistyczne przetwarzanie

odbiornik i wzmacniacze

oprogramowanie

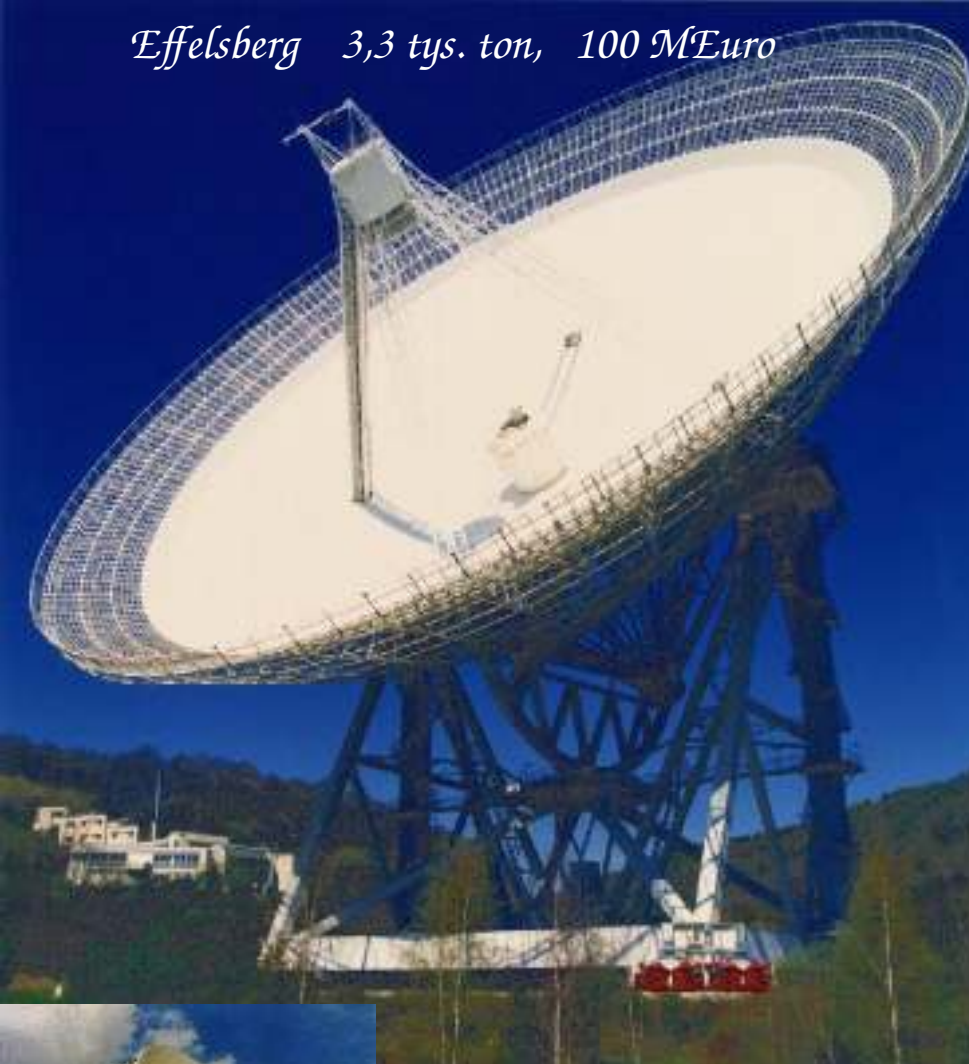
cyfrowe przetwarzanie

odbiorniki

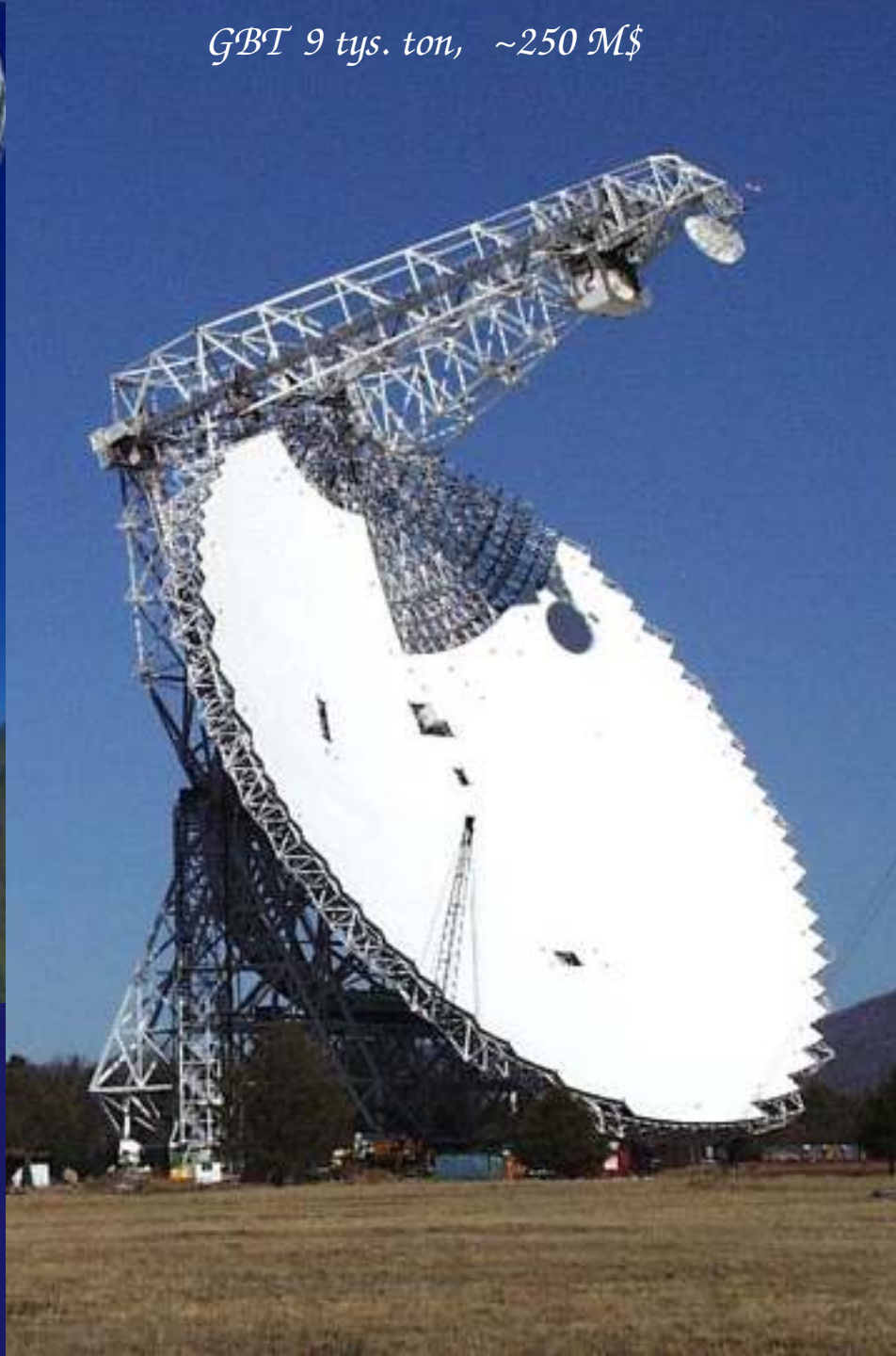
prezentacja wyników



Effelsberg 3,3 tys. ton, 100 M€uro



GBT 9 tys. ton, ~250 M\$



*RT4, waga 600 ton
koszt ~8 M€uro*

Sardinia Radio Telescope (2010)

Nowe duże radioteleskopy



60 MEuro



~30 MEuro

Yebes Spain 40m

64 m SRT

graniczna długość fali 3 mm

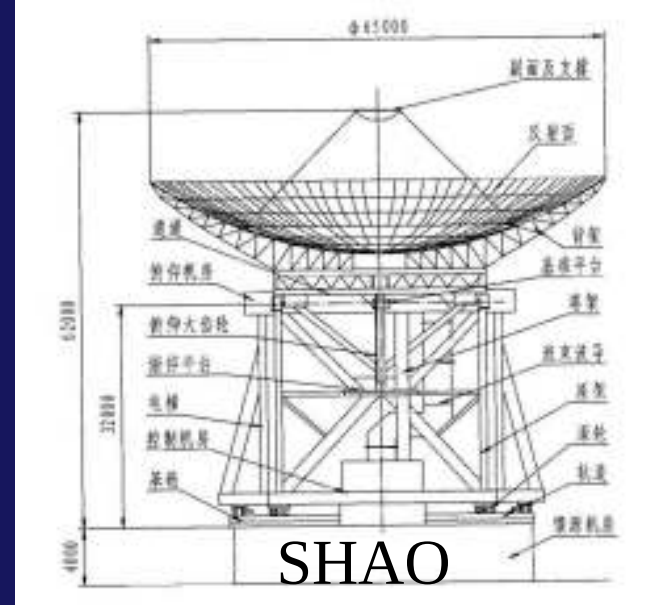
RT-70 radio telescope, Evpatoria

National Space Center, SSAU





Miyun
50m



Urumqi 80+m

Urumqi, Shanghai, NAOC

China Radio Telescopes
50m 65m 80, 120m

Five hundred meter Aperture Spherical Telescope

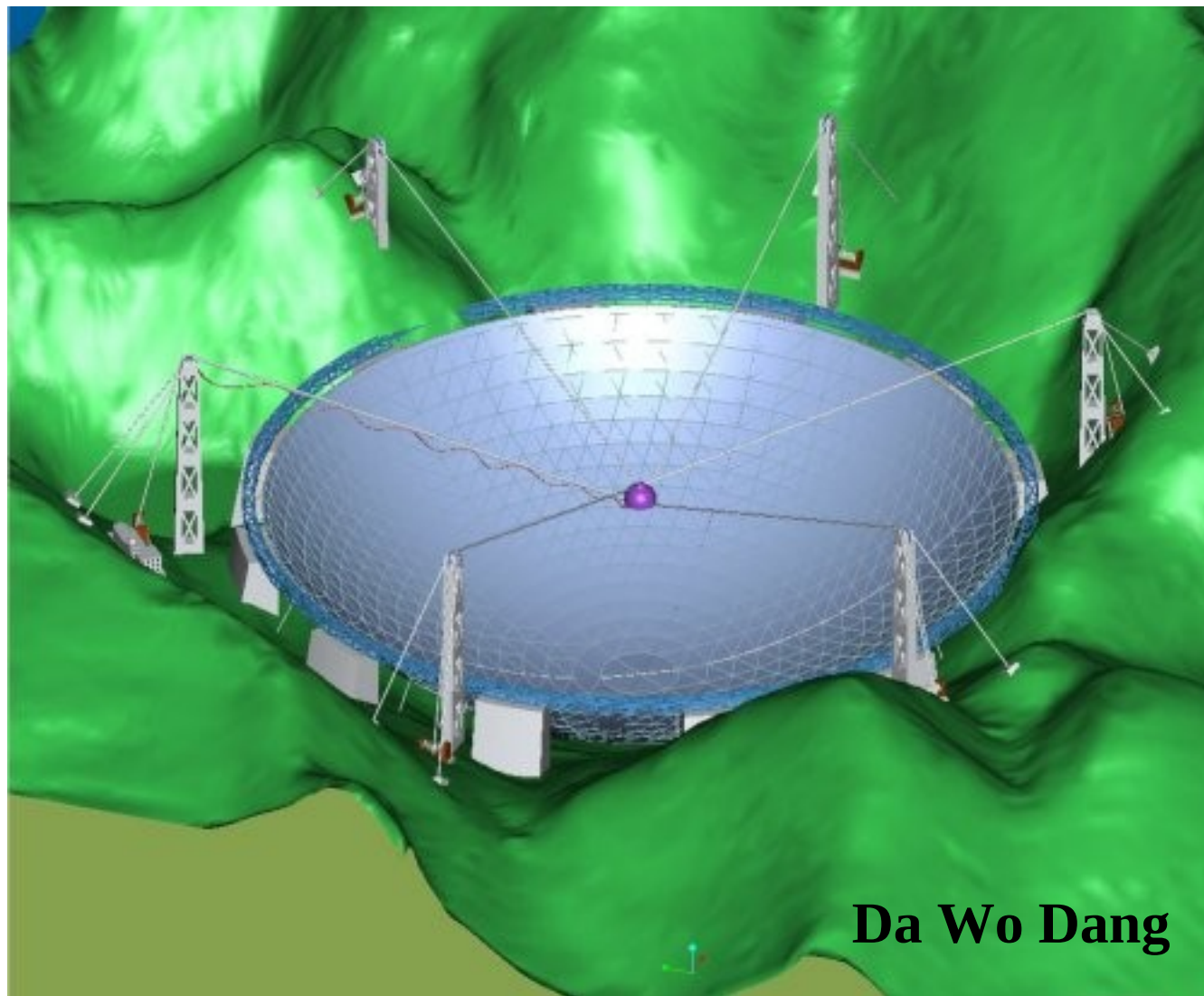
FAST in China (2015)

- 2x Arecibo
- 5x larger field-of-view than Arecibo

500 m diameter
300 m active surface
+/- 30° sky coverage
130 MHz – 8.8 GHz
4" pointing

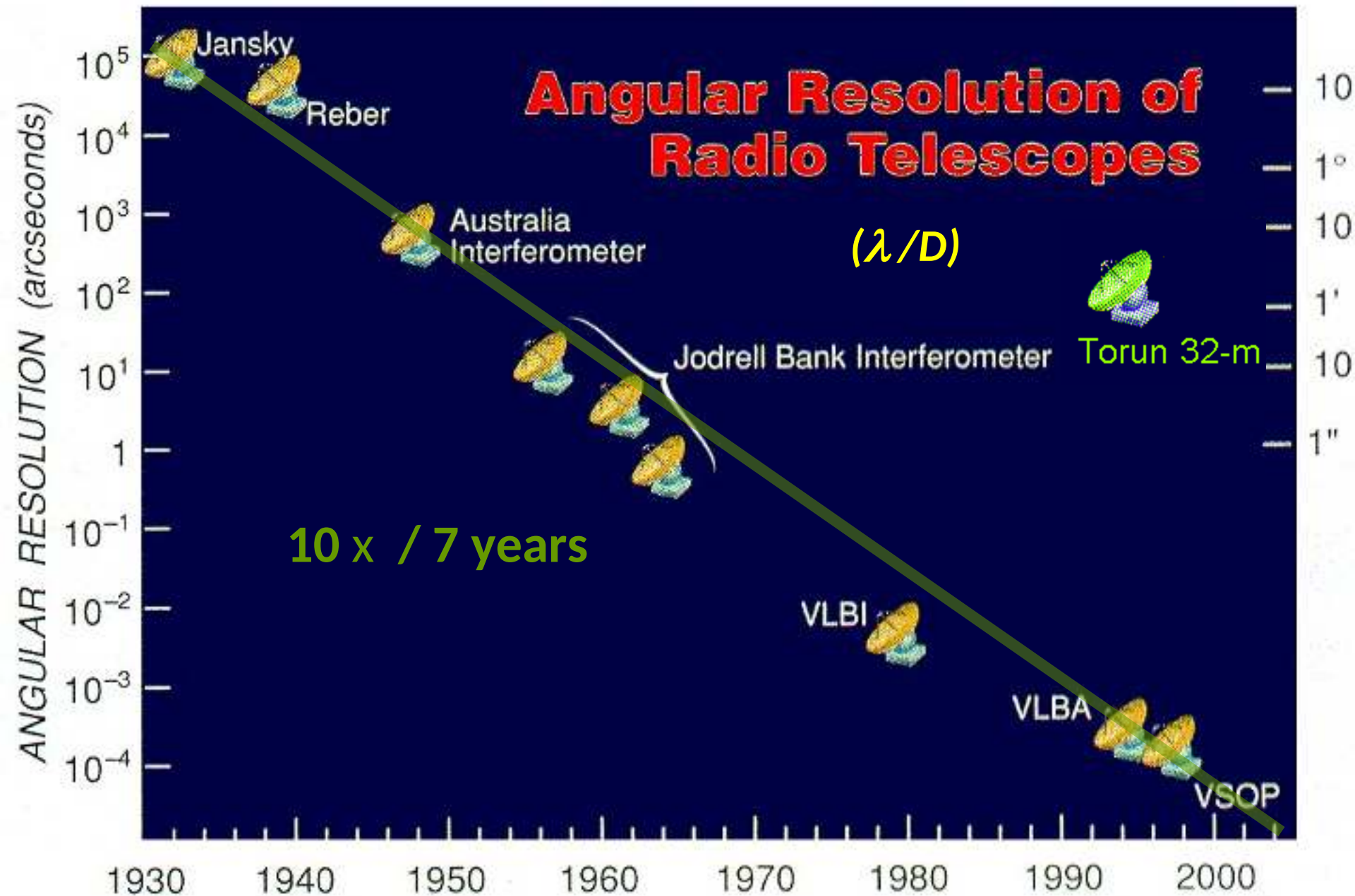
4x FAST => SKA

Cost ~100 M \$

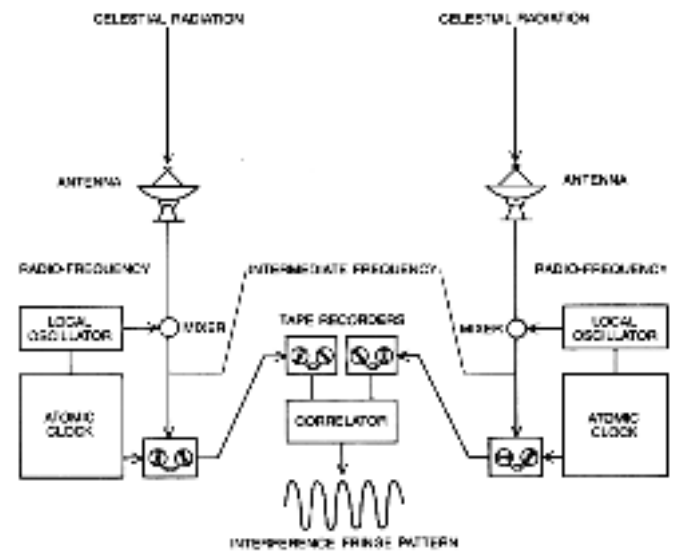
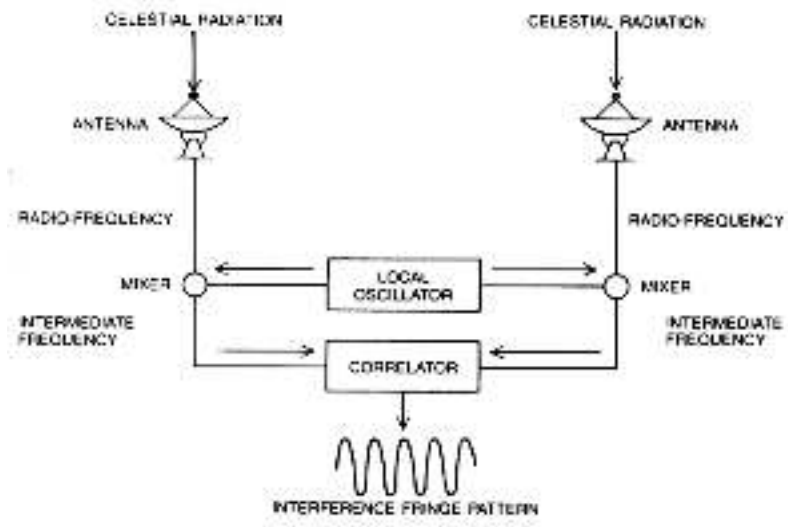
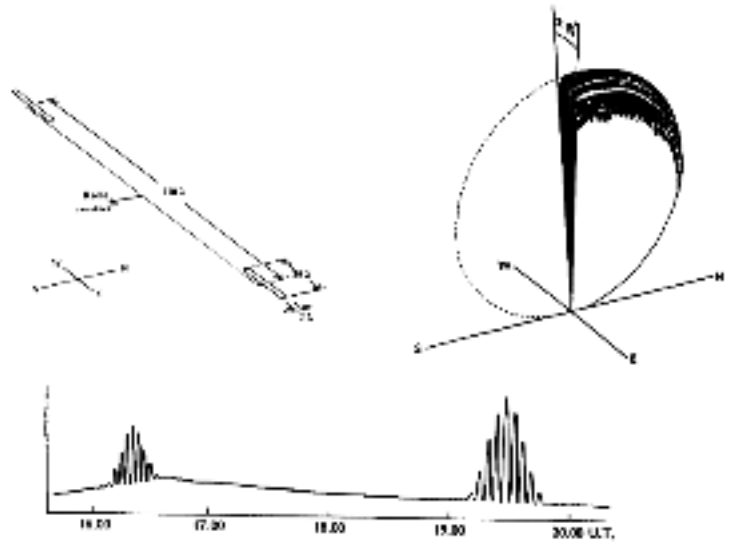
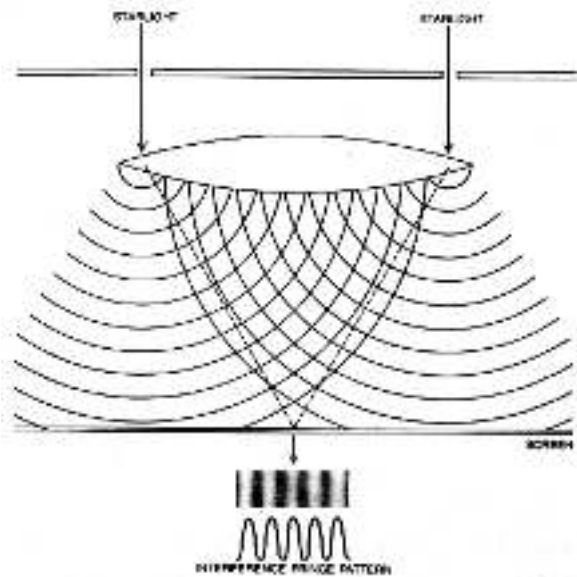


Da Wo Dang

Rozdzielczość kątowna radioteleskopów



Podstawy interferometrii



**Rozdzielczość
kątowna**

Pojedyncza antena

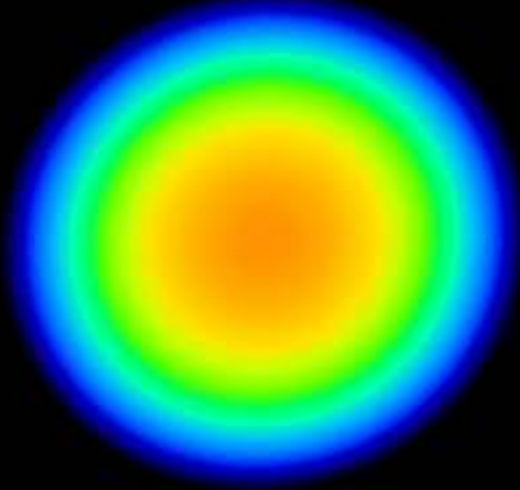
$$\theta \sim 1/D$$

D



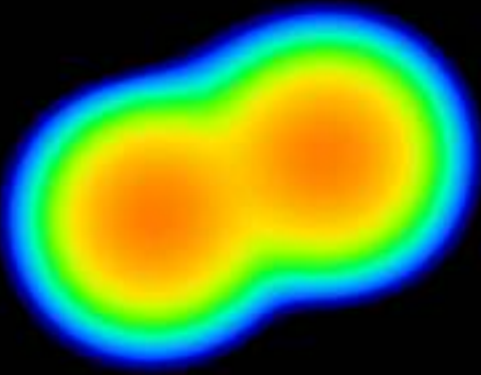
Synteza apertury

HPBW 6°
D = 30 m



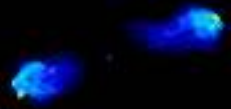
1950

HPBW 0.7°
D = 300 m



1965

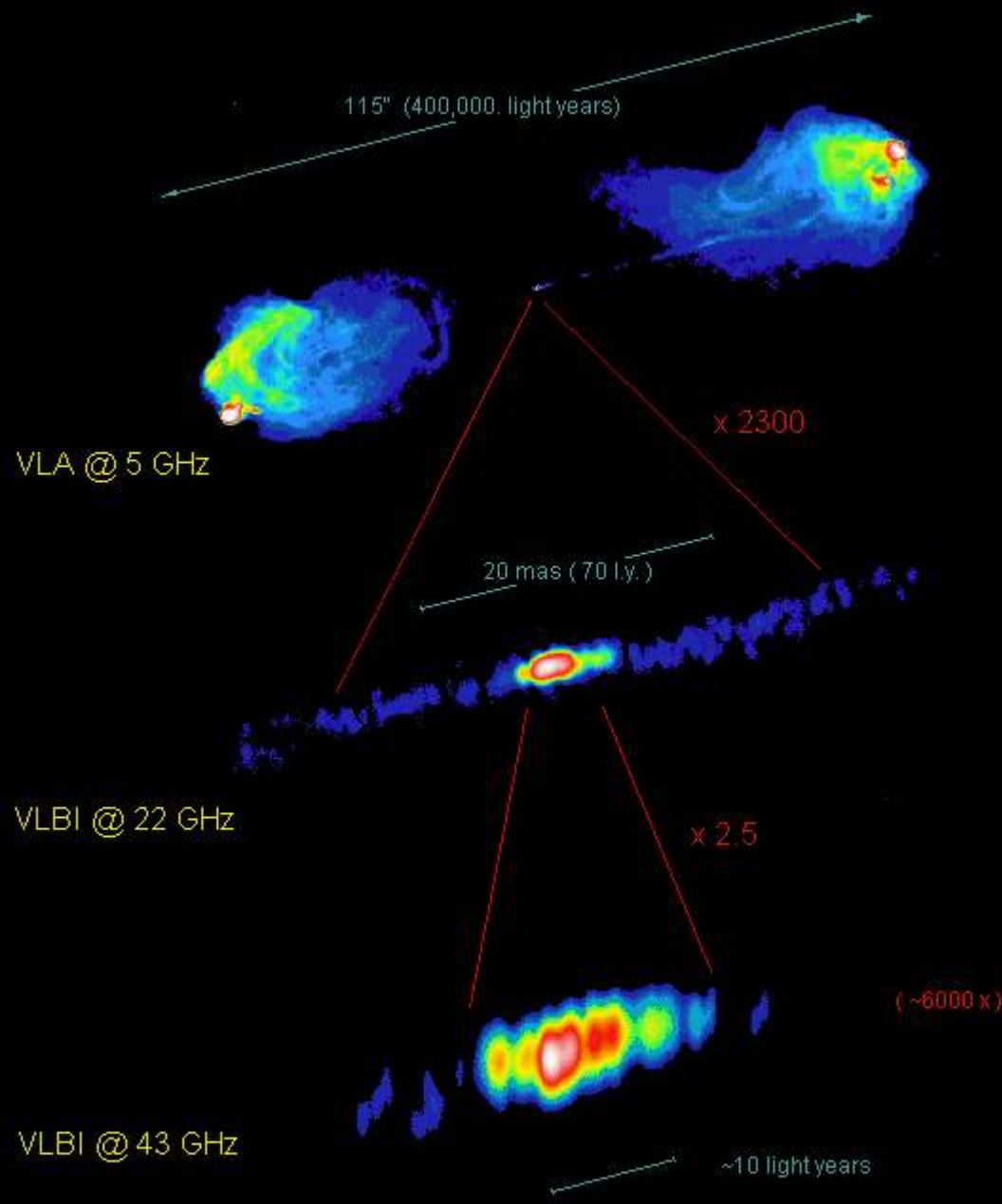
HPBW ~0.5''
D = 30 km



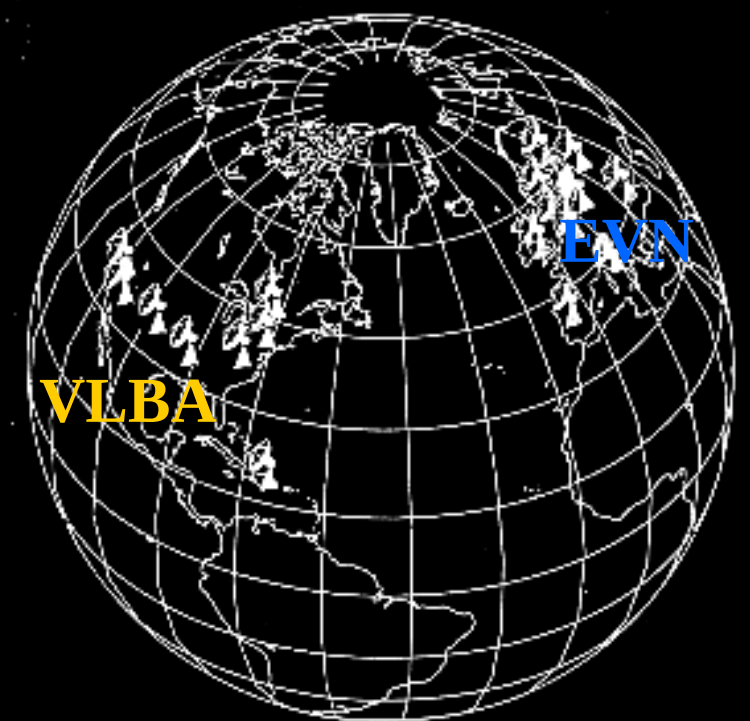
1984



CYGNUS A



Wielkobazowa
Interferometry
Radiowa
VLBI

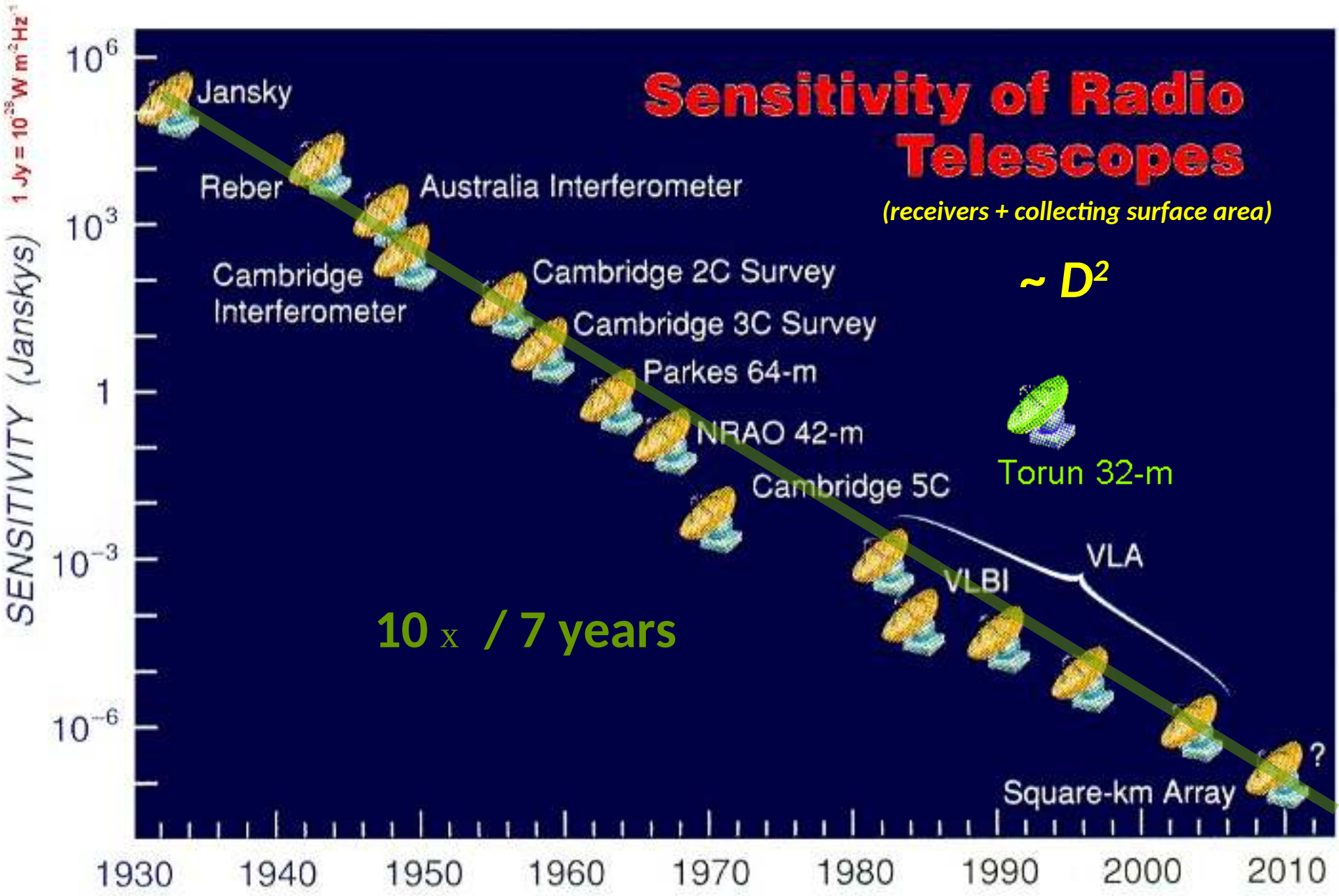


Sensitivity of Radio Telescopes

(receivers + collecting surface area)

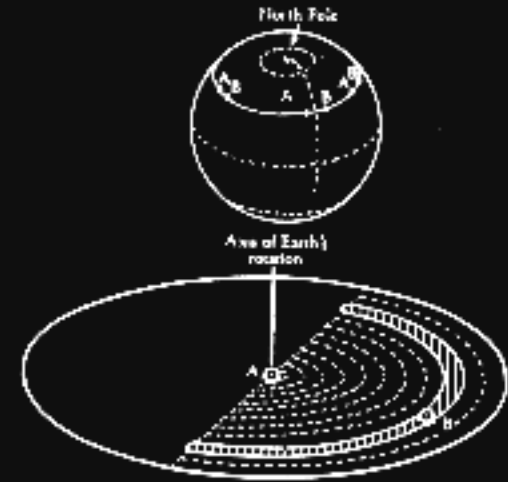
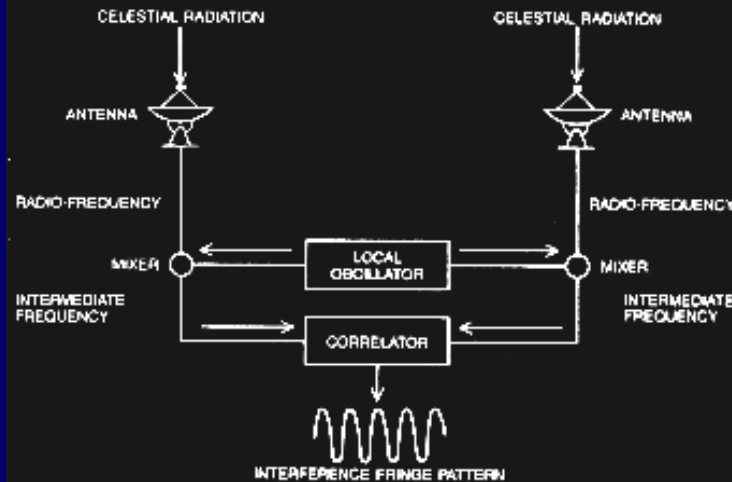
$\sim D^2$

$10 \times / 7 \text{ years}$





WSRT



VLA

Interferometrija
 Synteza Apertury

VLA/e-VLA 2012

*Very Large Array
NRAO, Socorro,
USA*

*Budowany 1972-1980
78 milionów \$ (1975)*



e-MERLIN (2011)



Przy jego tworzeniu

pracowało 30 osób

przez 30 lat



EVN => Globalny Radioteleskop



USA

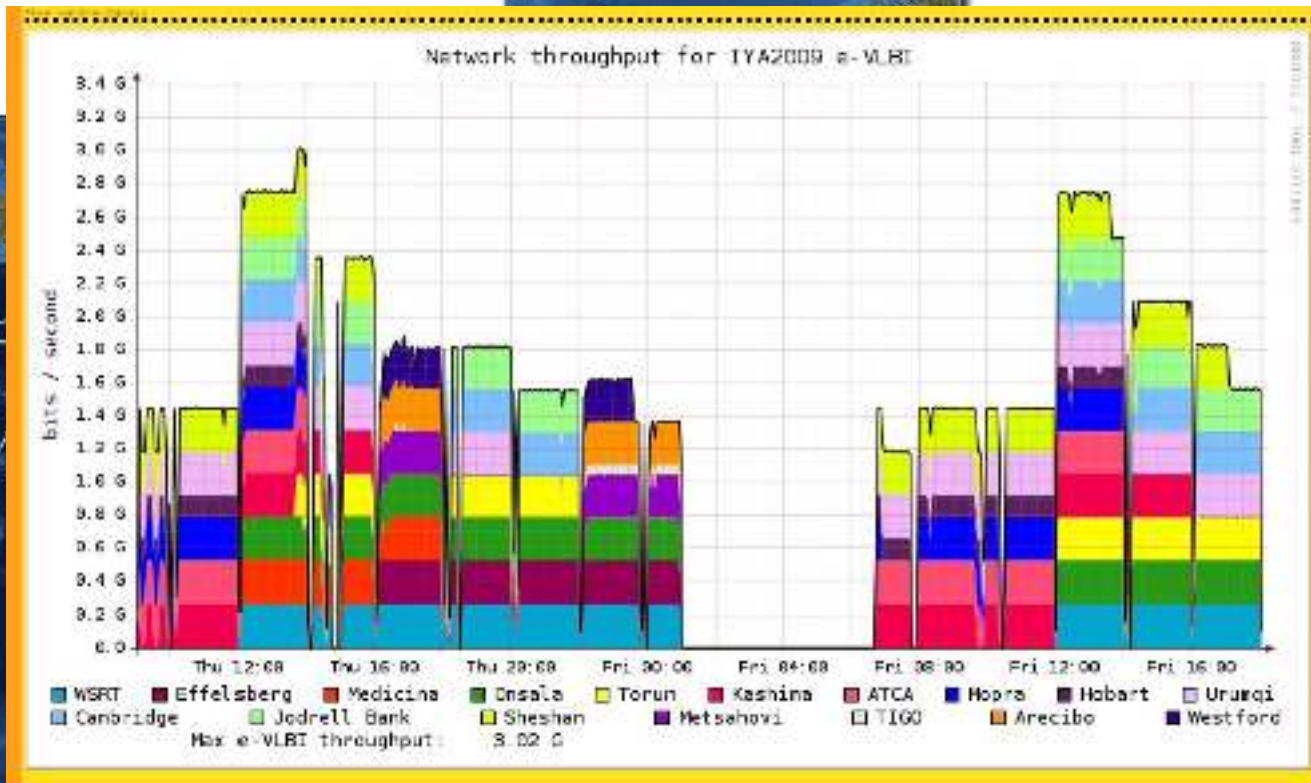
China

South Africa

e-EVN

obserwacje e-vlbi 15-16 stycznia 2009

Inauguracja Międzynarodowego Roku Astronomii



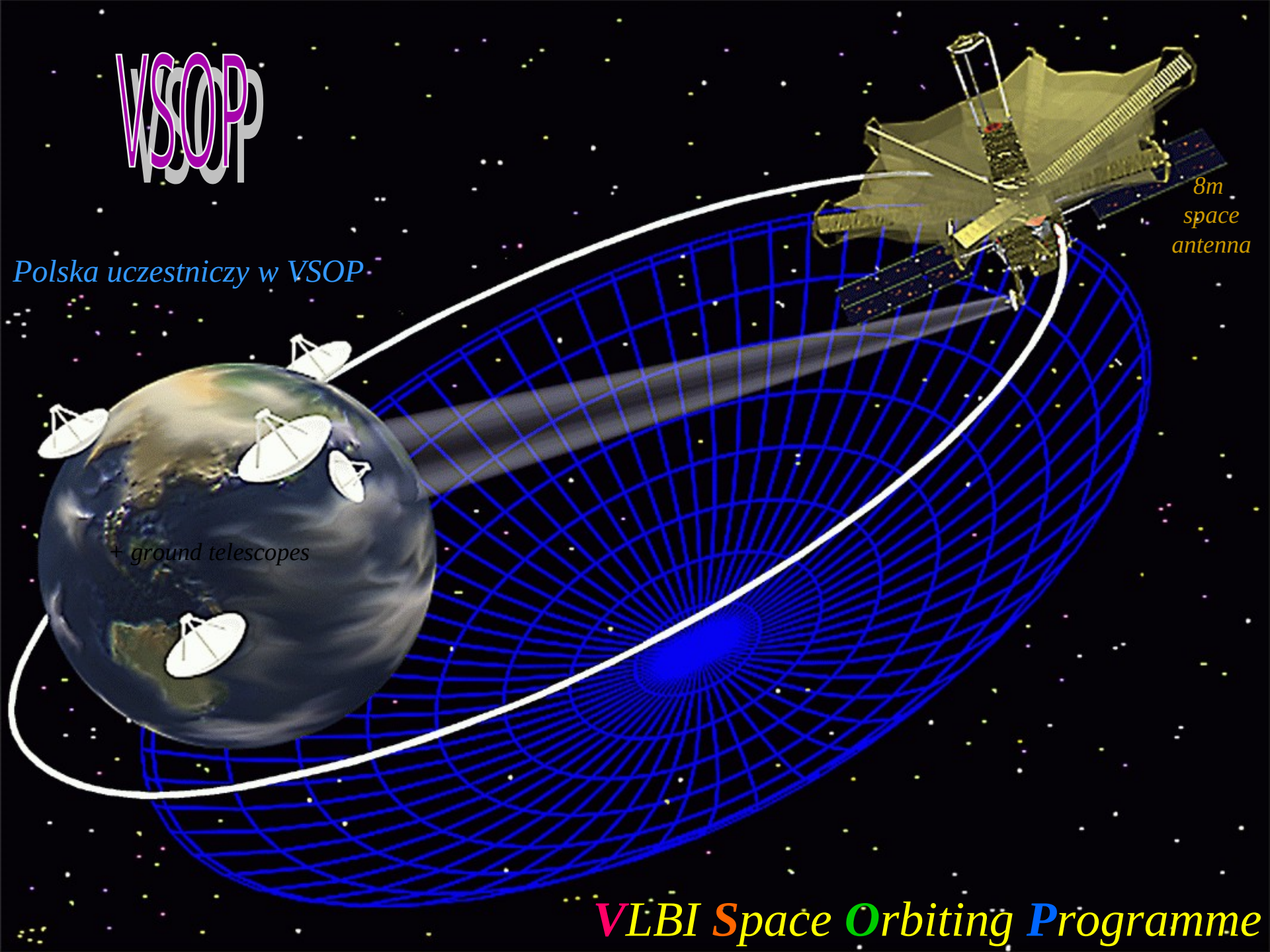
VSOP

Polska uczestniczy w VSOP

+ ground telescopes

*8m
space
antenna*

VLBI Space Orbiting Programme



Początki radioastronomii w Polsce

Obserwatorium UJ

- 1954 pierwsze obserwacje emisji radiowej Słońca

O.Czyżewski

A.Strzałkowski

J.Demezer

5m antena, $\lambda = 90$ cm

- 1970 15 m antena

* *Badania Słońca*

Obserwatorium UMK

-1958 pierwsze radiowe obserwacje Słońca

J.Groszkowski

S.Gorgolewski

A.Manczalski

12 m antena, $\lambda = 2.4$ m

- 1977 15m antena

- 1994 32m antena

* *VLBI, pulsary, spektroskopia, radiometria*



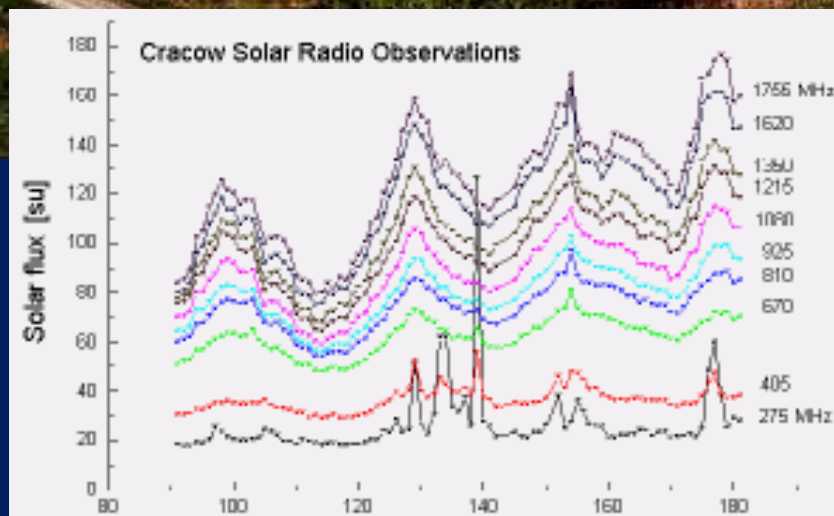
RT-1 30x12m
1957

*RT-2 12m radioteleskop, budowa
lato 1958*

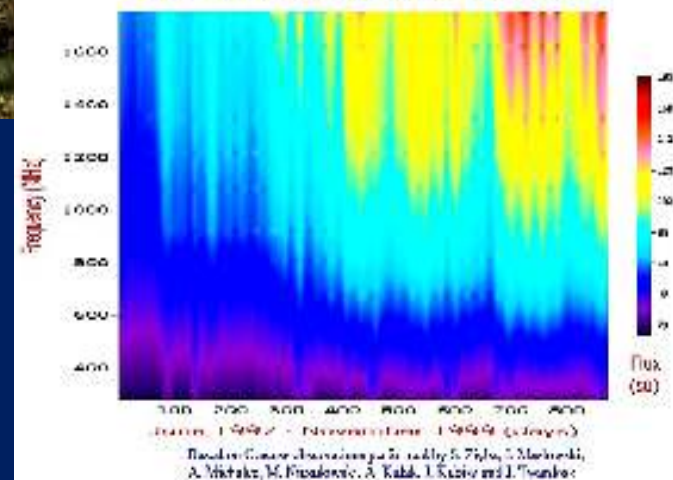




POLEZYMA RADIO HILIOGRAPH 17612 (R+L)



**Solar Radio Radiation
Dynamical Spectrum**



RT4



Podstawowe informacje

- Zaprojektowany i zbudowany w Polsce
- Konstrukcja homologiczna
- Zbudowany w '94, funkcjonuje od '96

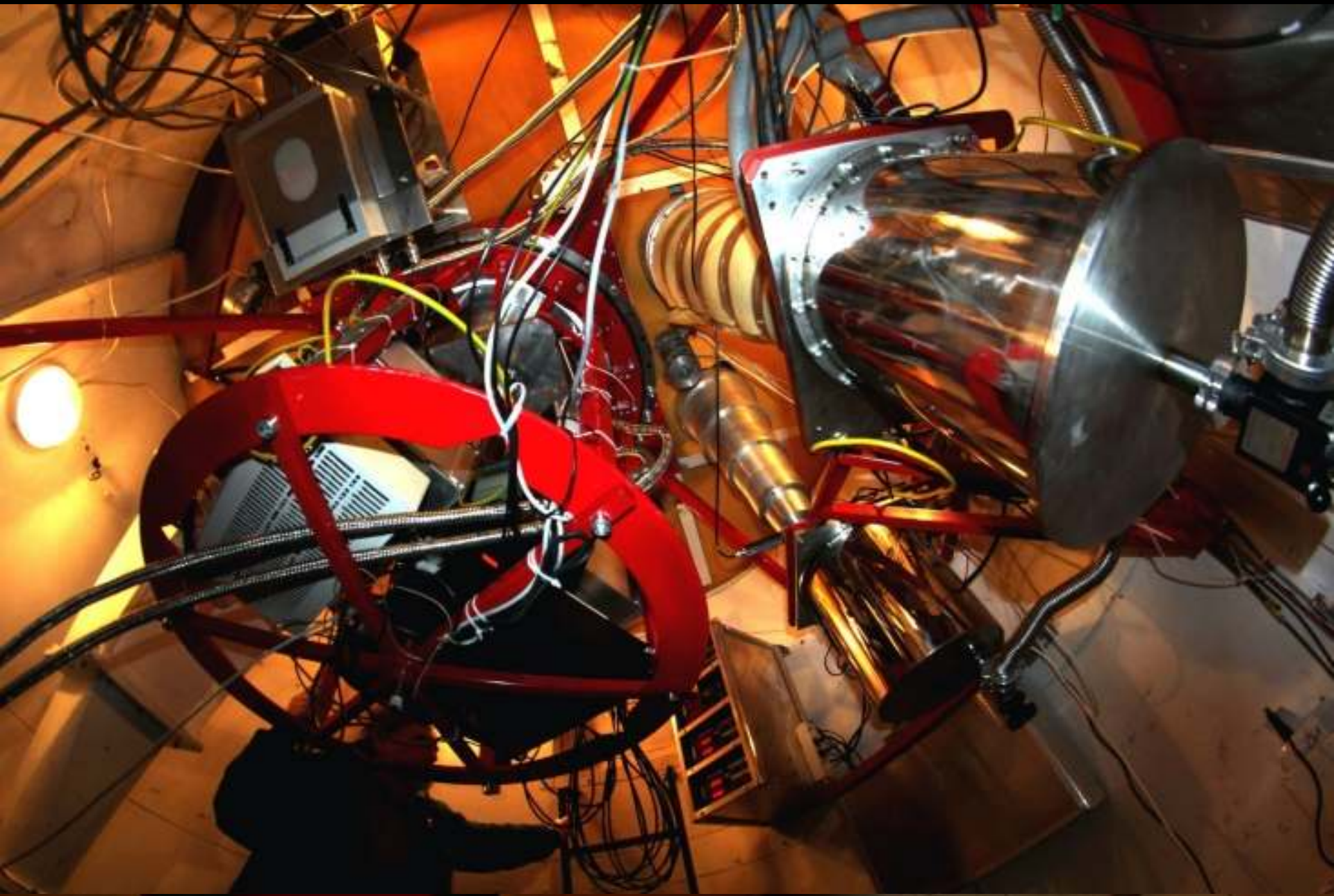
- Średnica 32m
- Cassegrain z 3.2 m subreflektorem
- Dokładność powierzchni 0.4 mm RMS
- Pozycjonowanie, śledzenie ~5 arcsec
- Całkowita waga 600 Mg
- Ruch w Az i El do 30 deg/min
- Pełna kontrola komputerowa

- Odbiorniki radiowe na pasma
 - 750-1100 MHz (30cm)
 - 1400-1800 MHz (20cm)
 - 4400-5100 MHz (6cm)
 - 6100-7000 MHz (5cm)
 - 26000-34000 MHz (1cm)

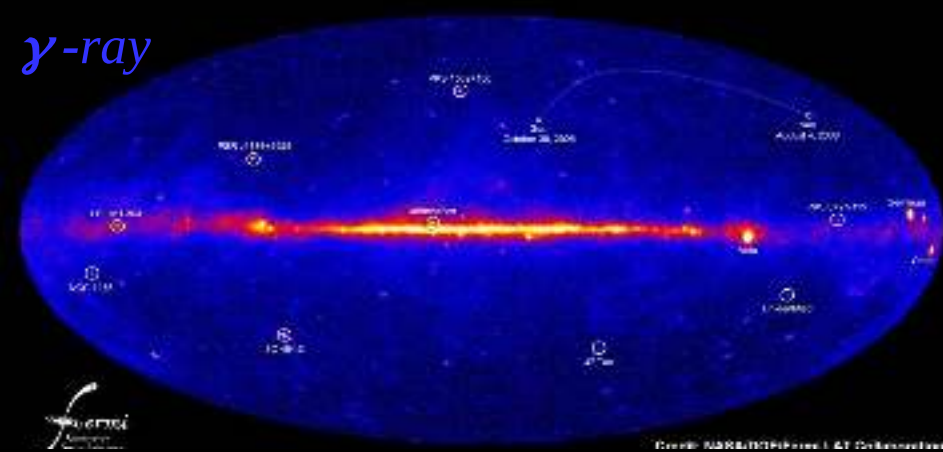
- VLBI terminal
- Maszyna pulsarowa PSPM2
- Spektrograf autokorelacyjny
- Polarymetr
- Maser wodorowy



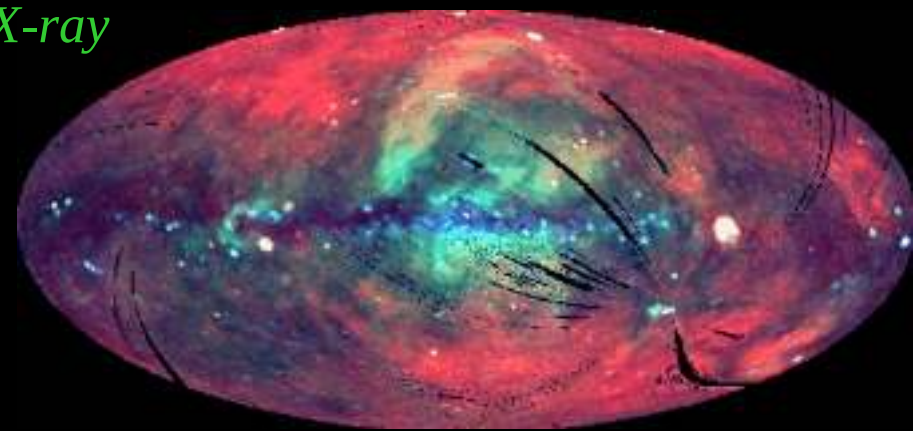




γ -ray



X-ray



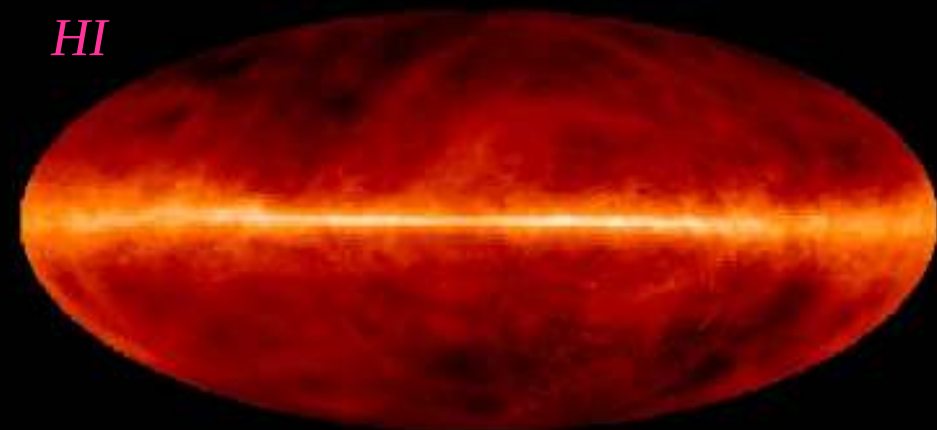
Visible light



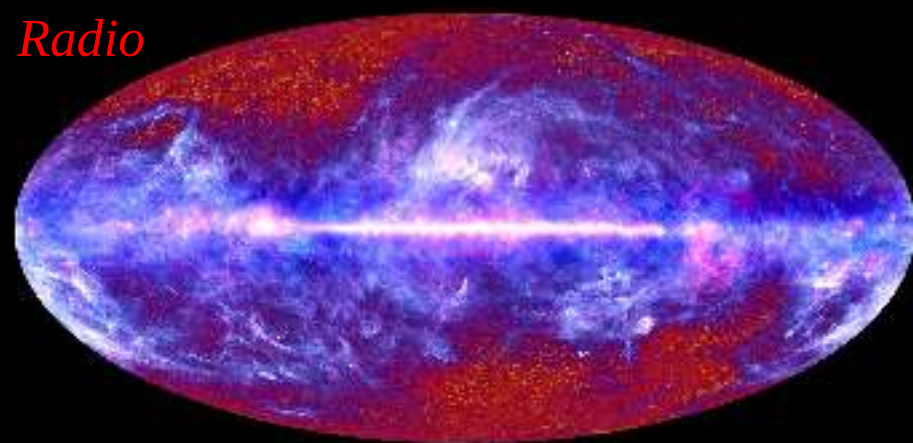
IR

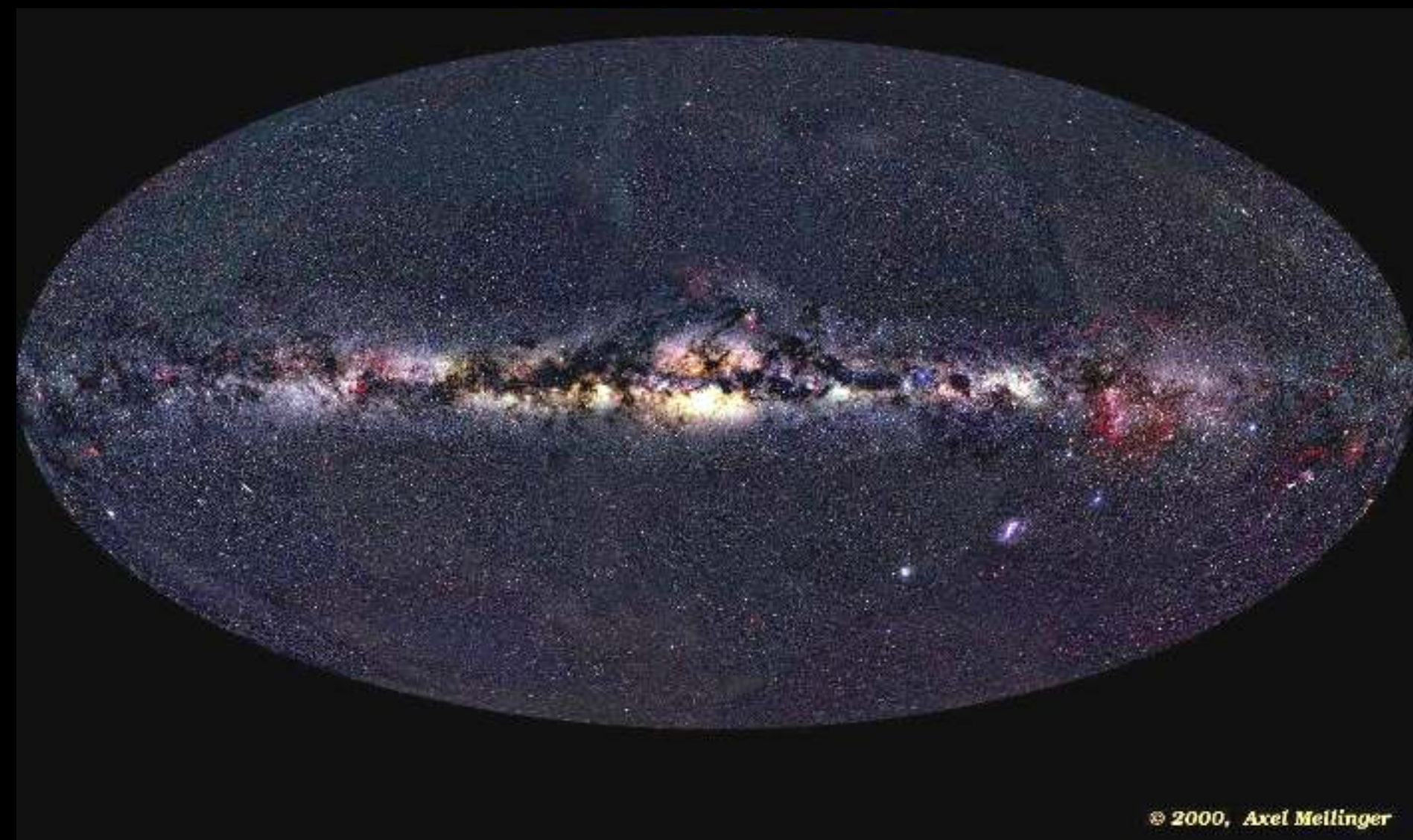


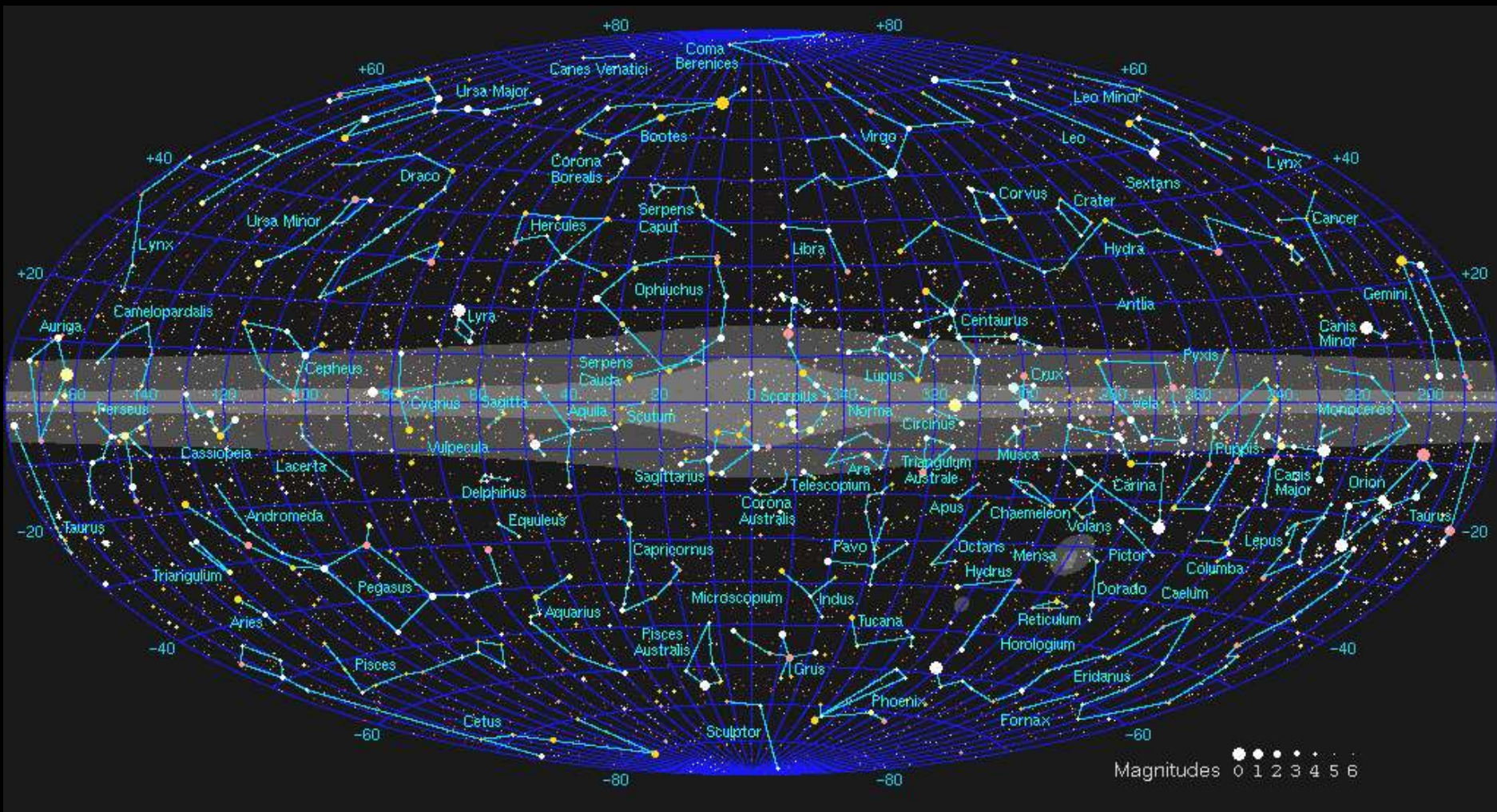
HI



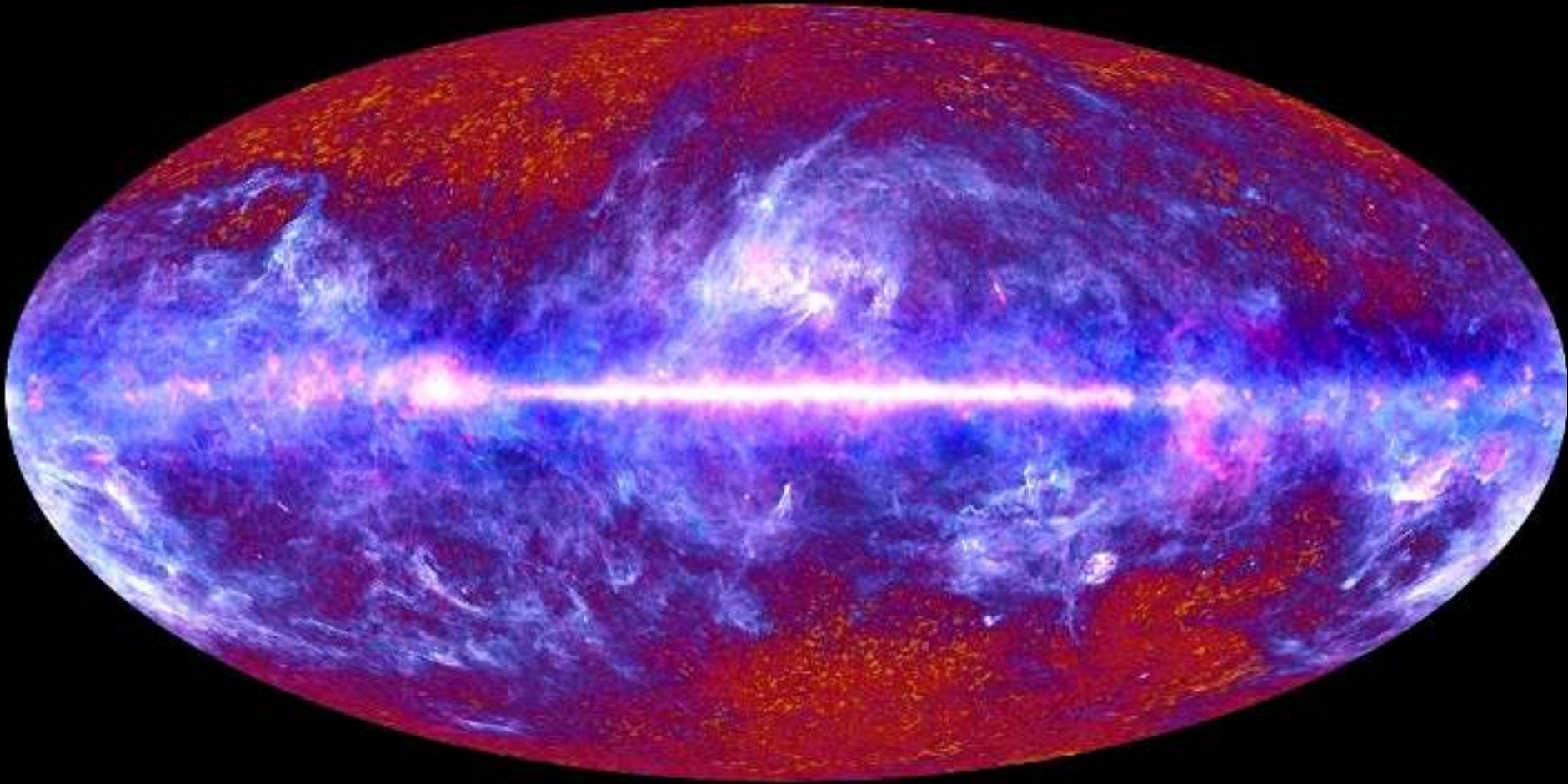
Radio



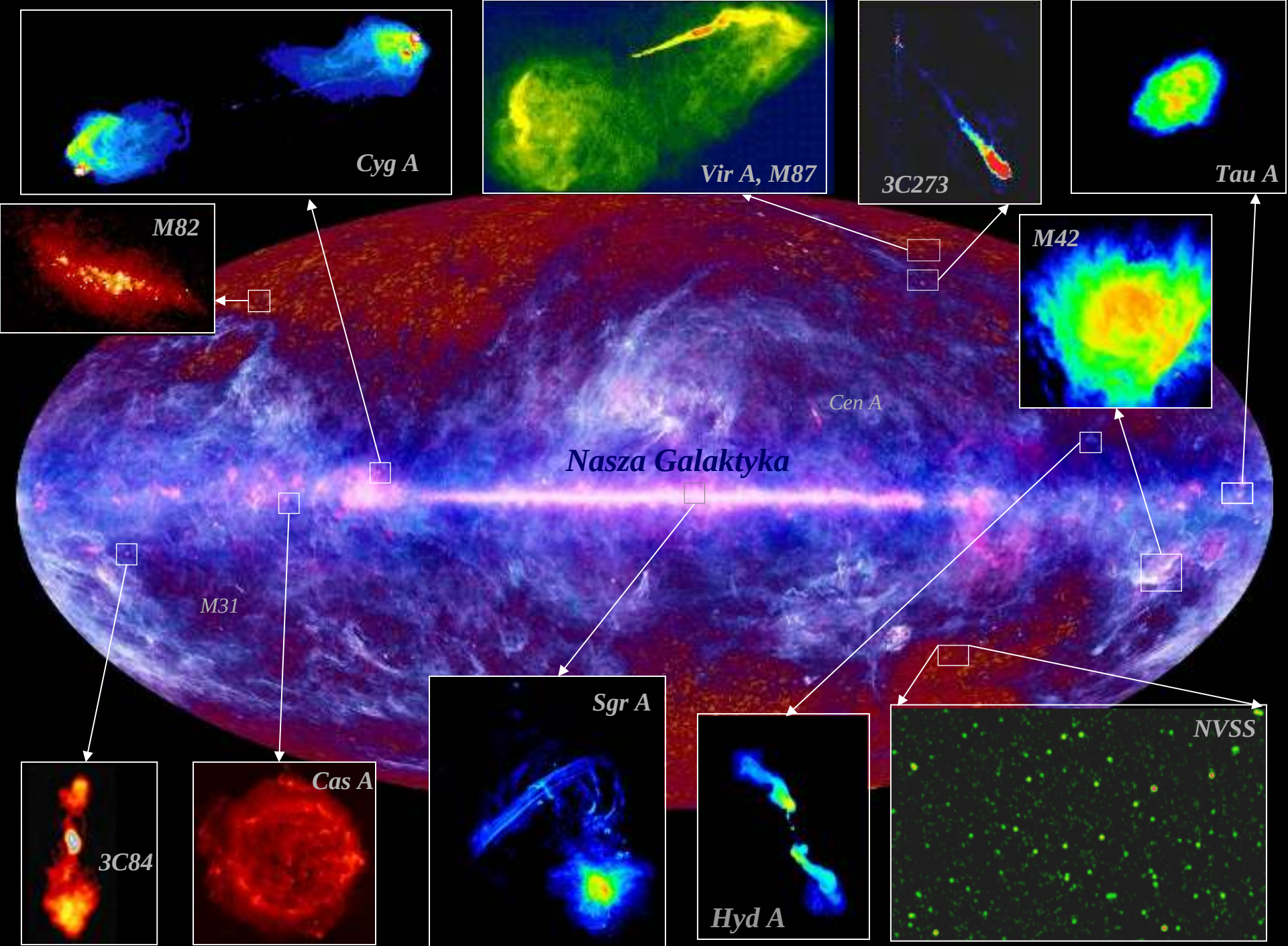


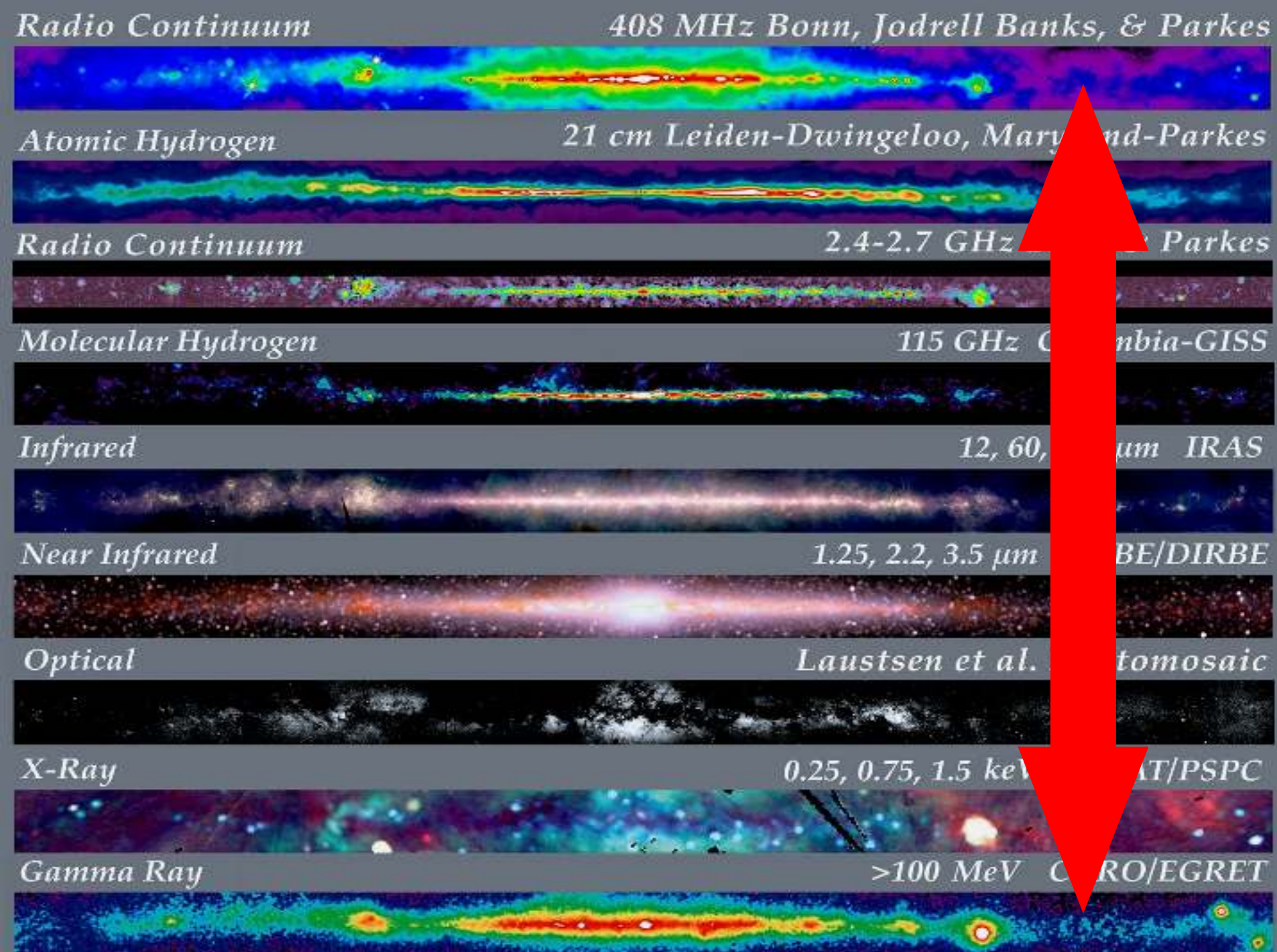






Planck Mission Satellite - mapa nieba 2010, Nasza Galaktyka i tło CMB





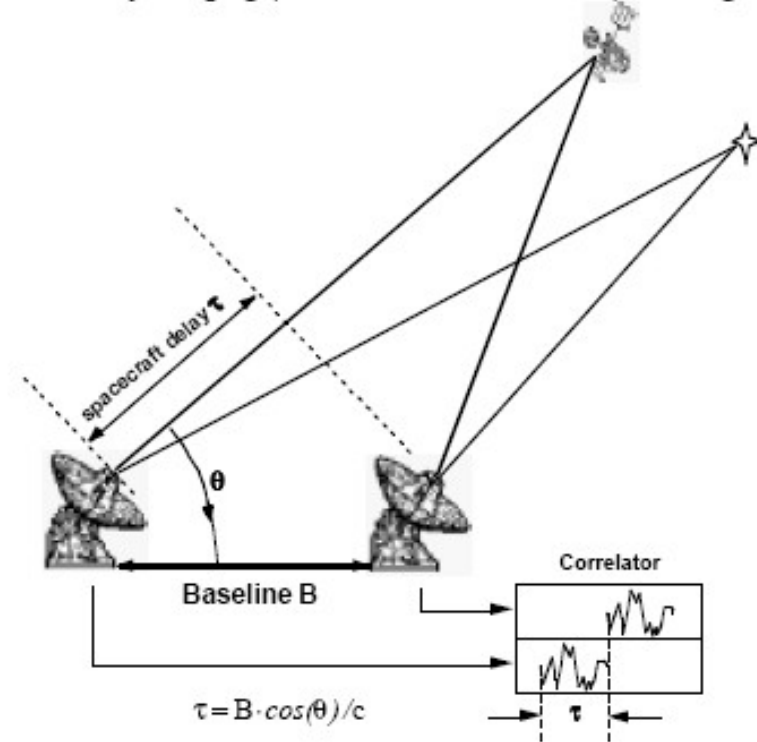
Huygens Probe

Incident Power

Huygens Probe 3.7W

in carrier line

$$\text{Flux} = 5 \times 10^{-25} \text{ W/m}^2$$



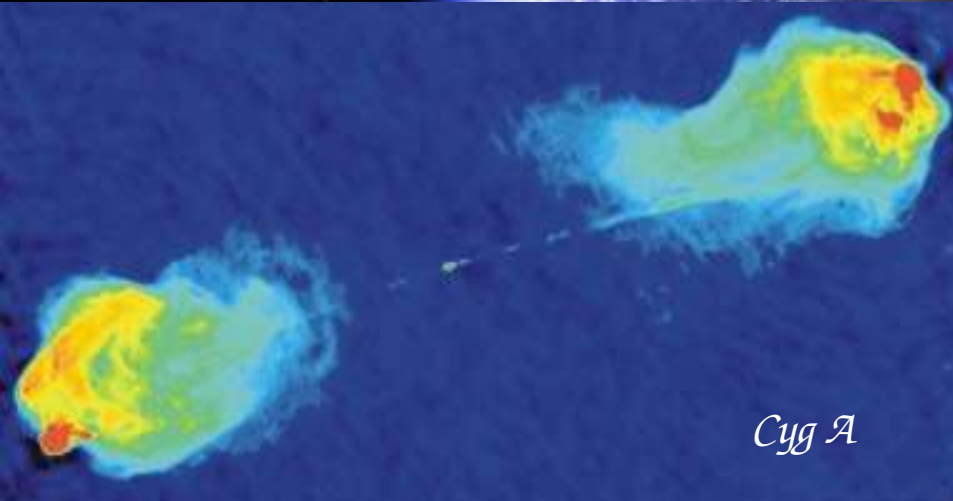
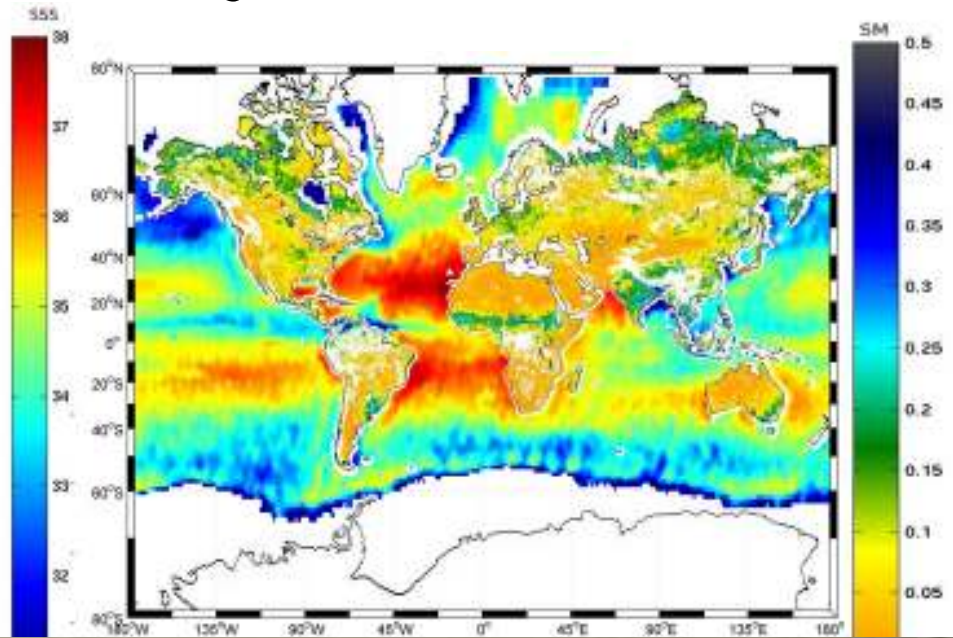
Δ DOR “Delta Differential One-way Ranging”
i.e. Group Delay Measurement.



Praktyczne zastosowania technik radioastronomii



ESA *SMOS*



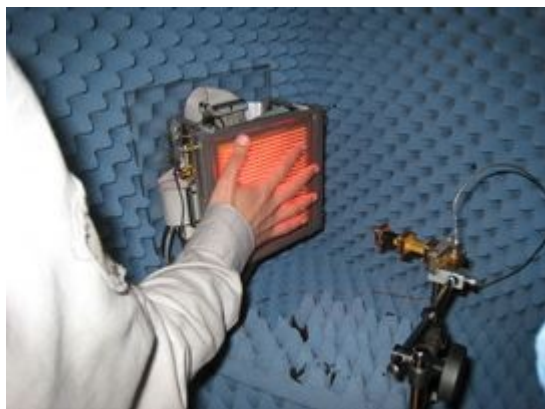
Cyg A

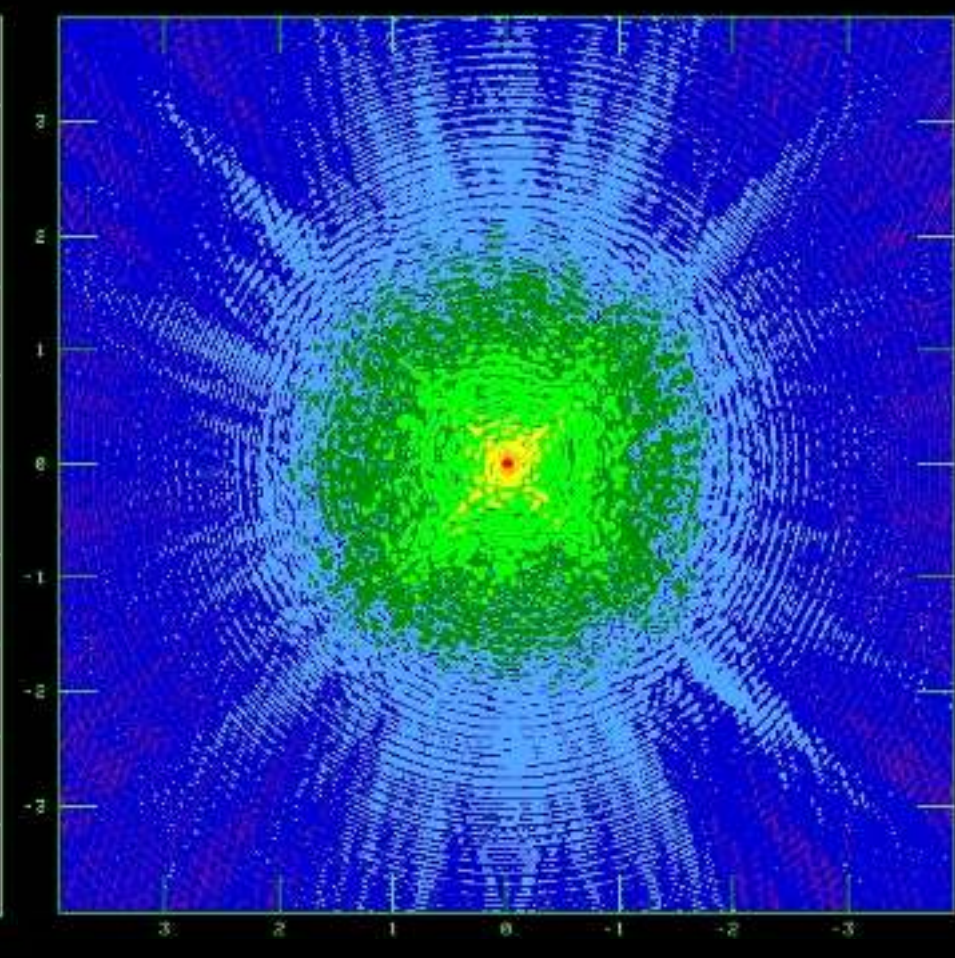
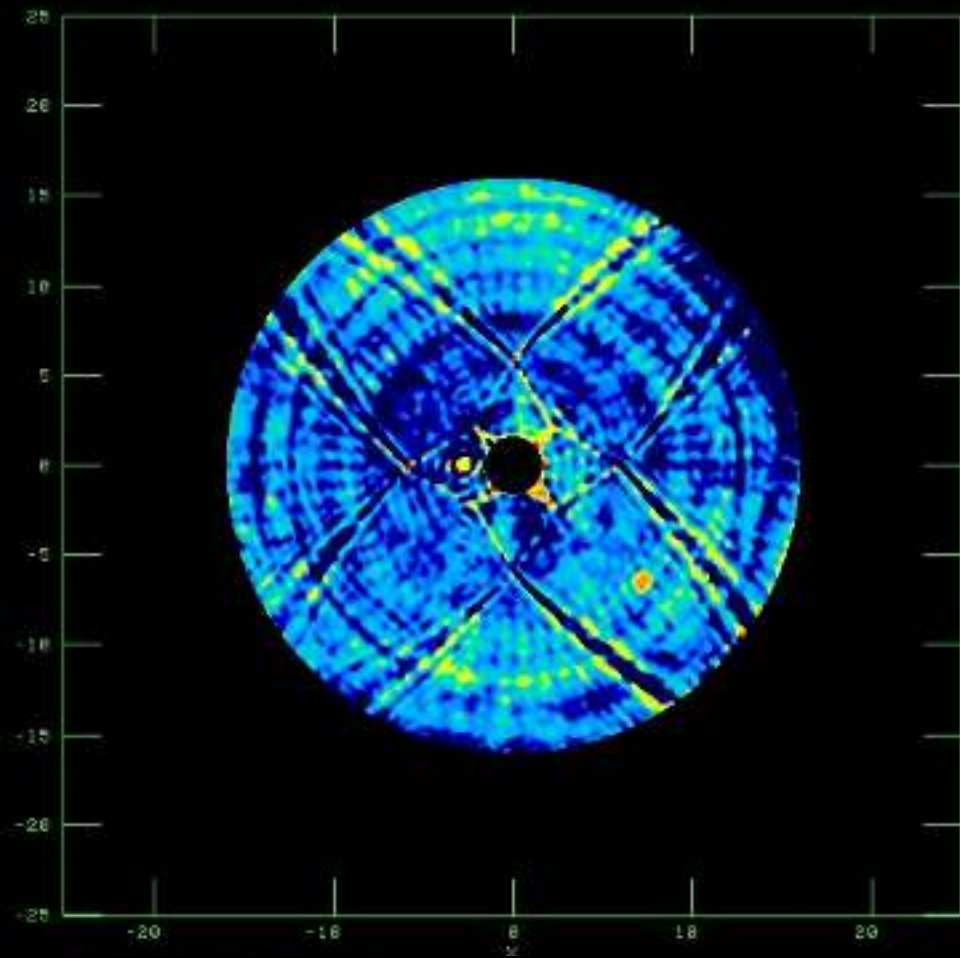
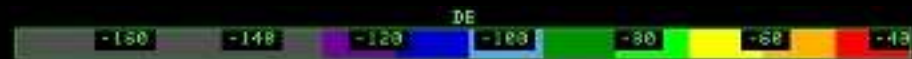


VLA USA

Praktyczne zastosowania technik radioastronomii

Mikrofalowe kamery, skanery, radiometry,
Telekomunikacja, TV-sat





Surface errors [mm]

Point source PSF

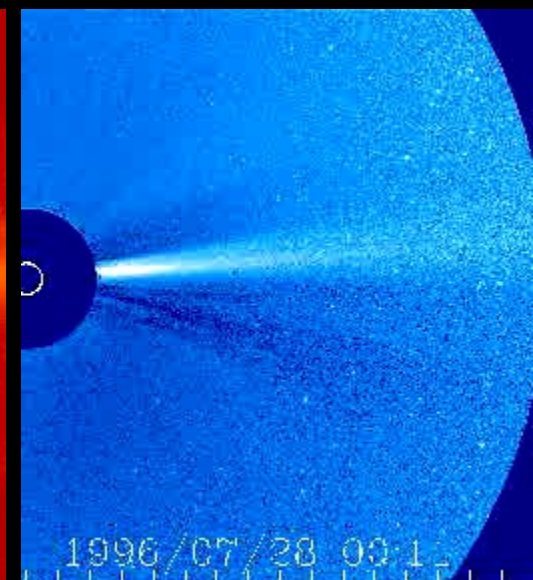
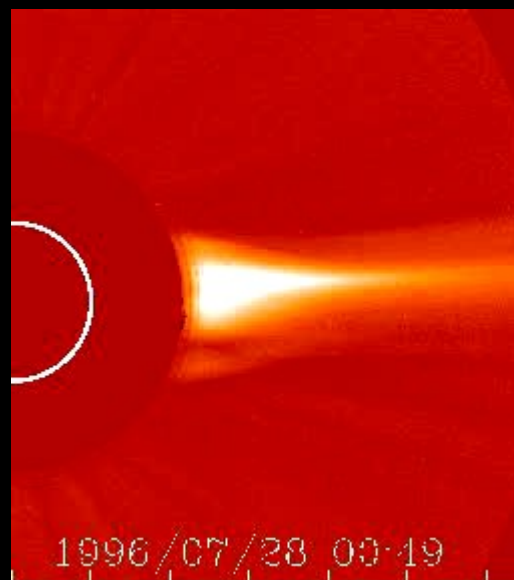
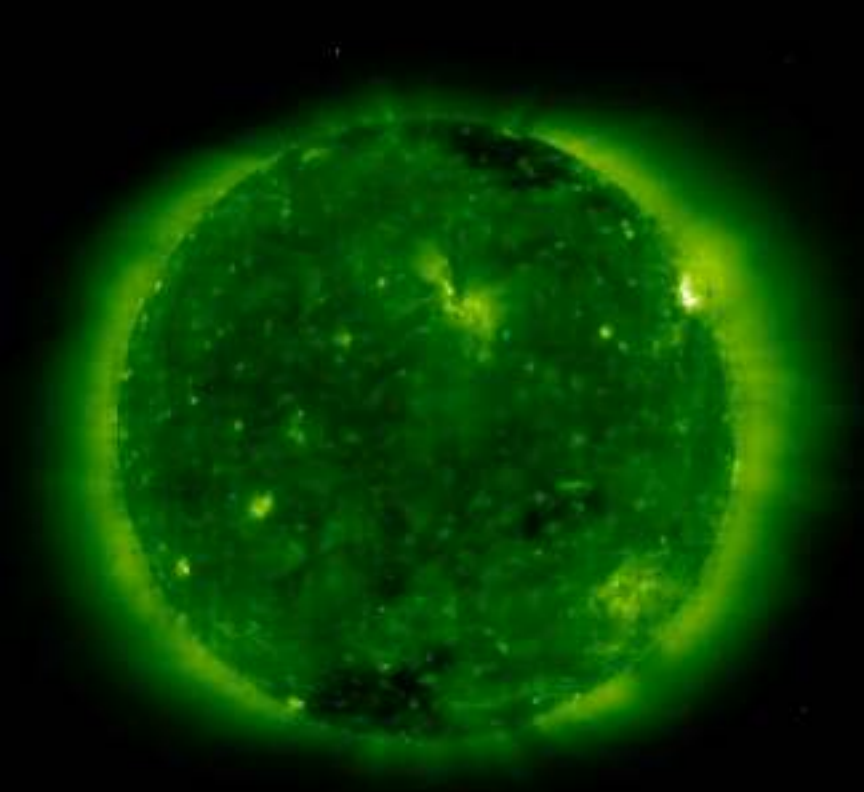
*Jakie, istotnie nowe, informacje
dotyczące fizyki kosmosu
dostarczają nam
badania radioastronomiczne ?*

Nagrody Nobla

- 1974 *M.Ryle, A.Hewish*
- 1978 *A.Penzias, R.Wilson*
- 1983 *S.Chandrasekhar, W.Fowler*
- 1993 *R.Hulse, J.Taylor*
- 2002 *R.Giacconi*
- 2006 *J.Mather, G.Smoot*
- 2011 *S.Perlmutter, B.Schmidt, A.Riess*
- 2014 (?)

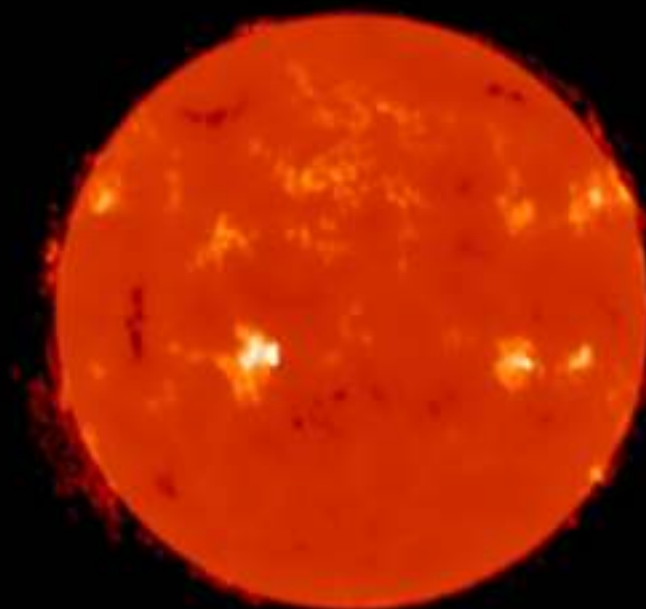
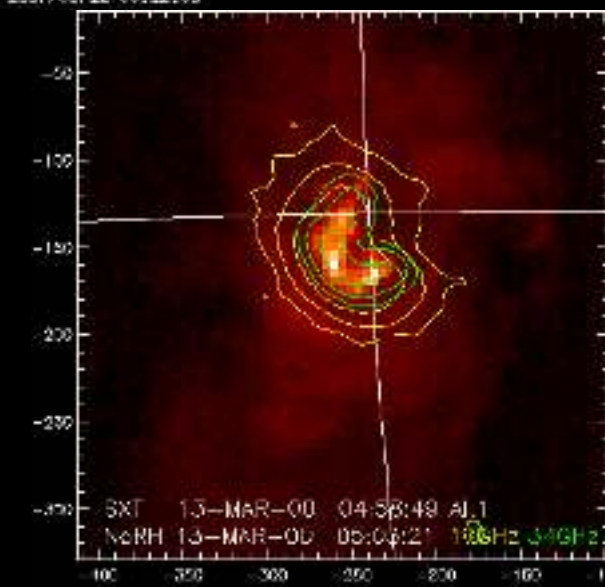
Radioastronomia (8)

Astrofizyka, X-ray (6)



NOBEYAMA RADIO HELIOGRAPH 17GHz (RIL)

1997/05/12 00:12:05

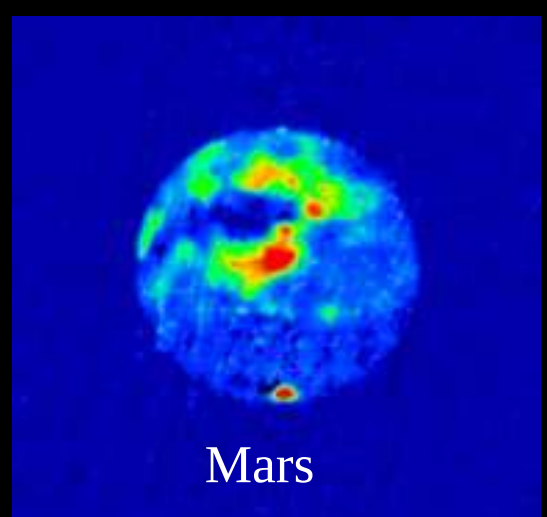
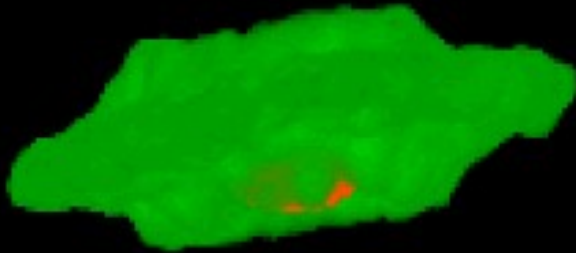


SOLAR NORTH IS UP
CENTER
(257 , 257)/ PIXEL
PEAK
239246 K
PIXEL SIZE
4.911 (ARCSEC)
SOLAR RADIUS
880.525 (ARCSEC)
SOLAR POLAR ANGLE
-21.6451 (DEGREE)
SOLAR EQ
-7.2231 (DEGREE)
DATA
LOGSCALE
MAX=1E4 R MIN=1E3

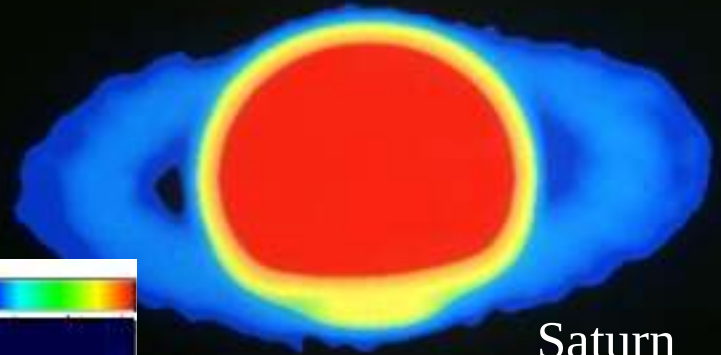
Układ słoneczny

*Jowisz
20/18 cm*

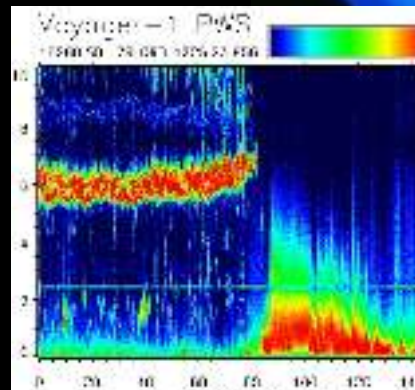
*komputerowe
modele
magnetosfery
Jowisza*



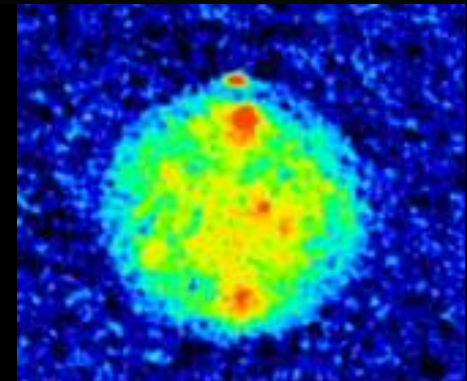
Mars



Saturn



Merkury



Wodor neutralny w Naszej Galaktyce
Linia wodoru neutralnego
21cm 1420 MHz

Struktura spiralna
rotacja Galaktyki

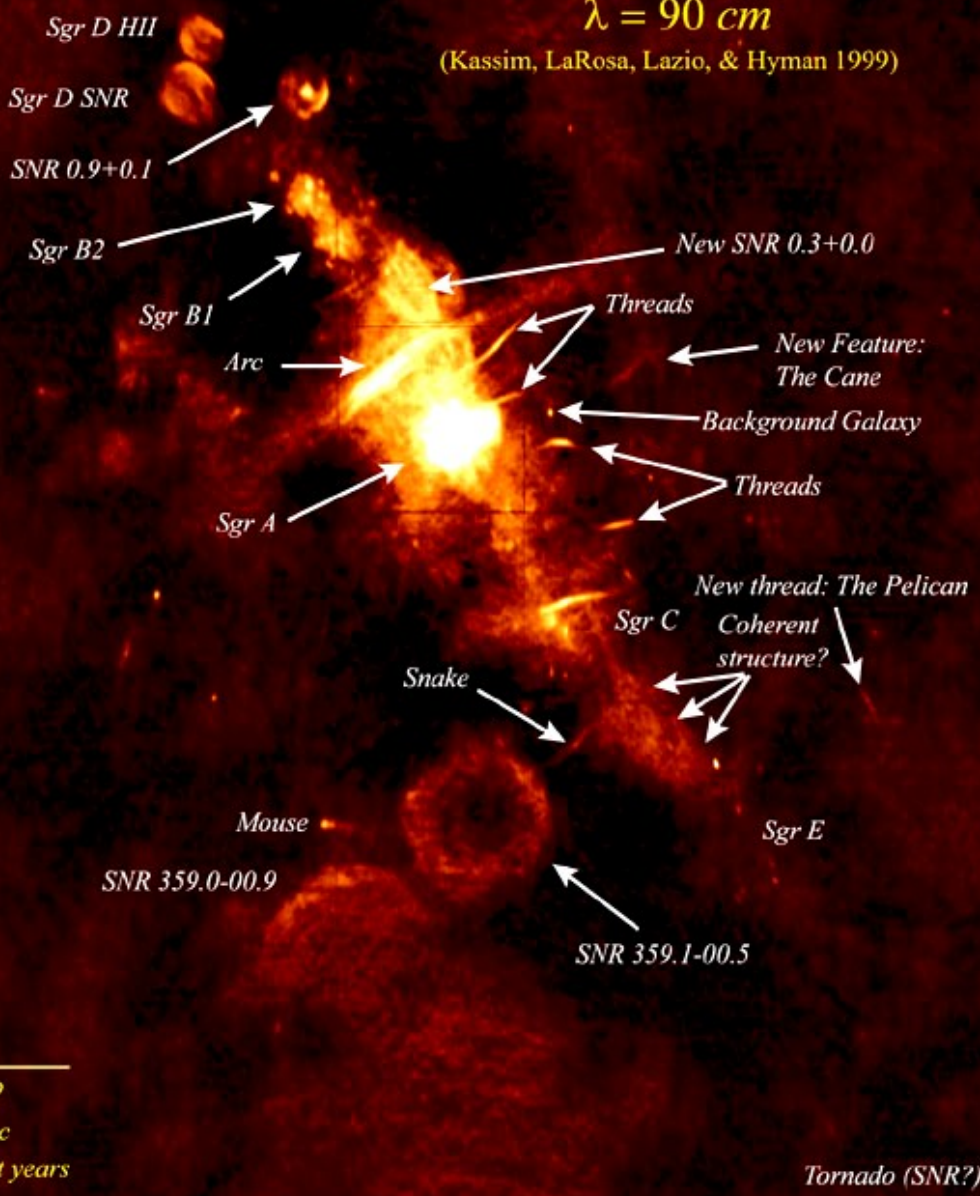


Naval Research Laboratory

Wide-Field Radio Image of the Galactic Center

$\lambda = 90 \text{ cm}$

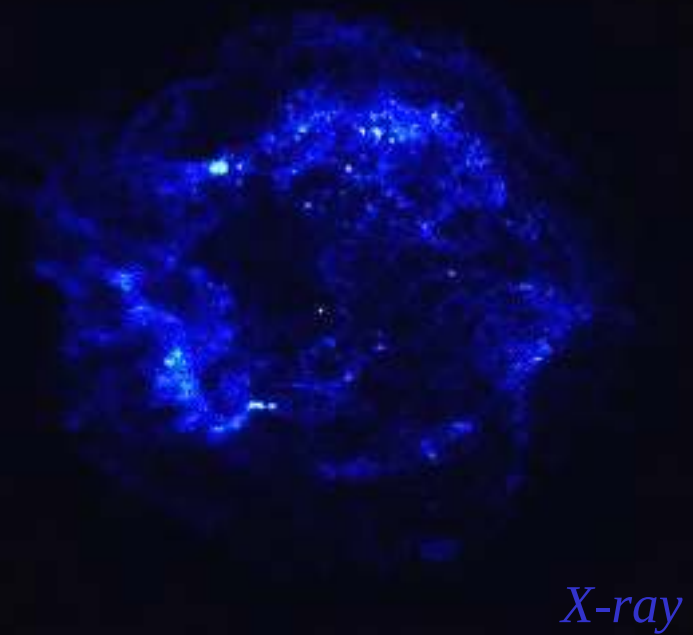
(Kassim, LaRosa, Lazio, & Hyman 1999)



~0.5°
 ~75 pc
 ~240 light years

Radio

Cas A

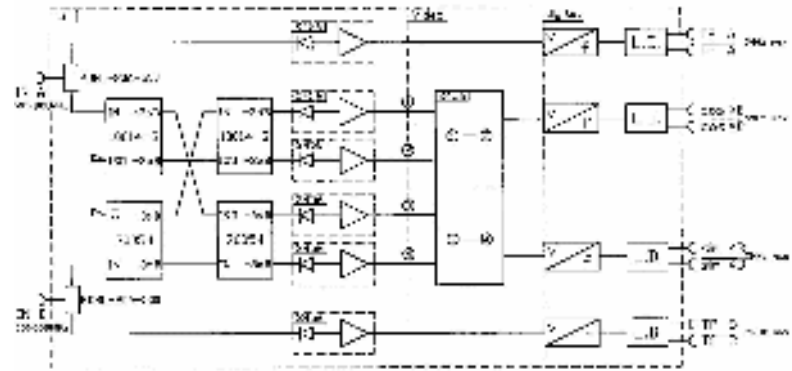


X-ray

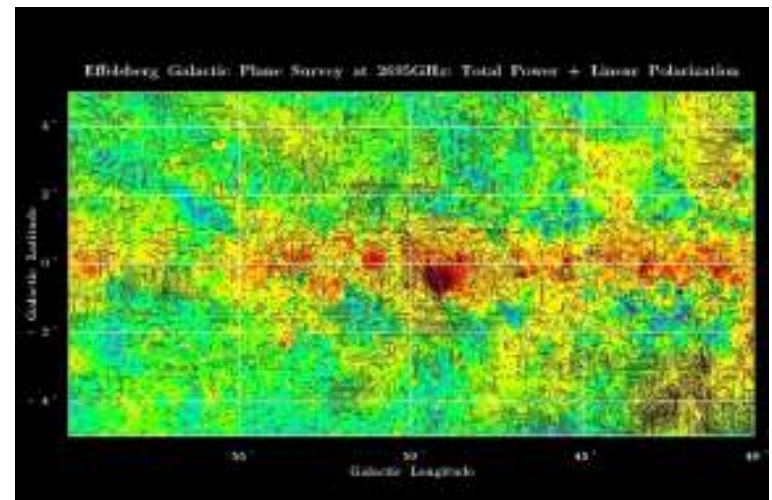
Radio Polarimetry – a Method of measuring Cosmic Magnetic Fields



THE RADIO TELESCOPE
collects incoming radio waves
couples out two polarizations
amplifies the two orthogonal signals

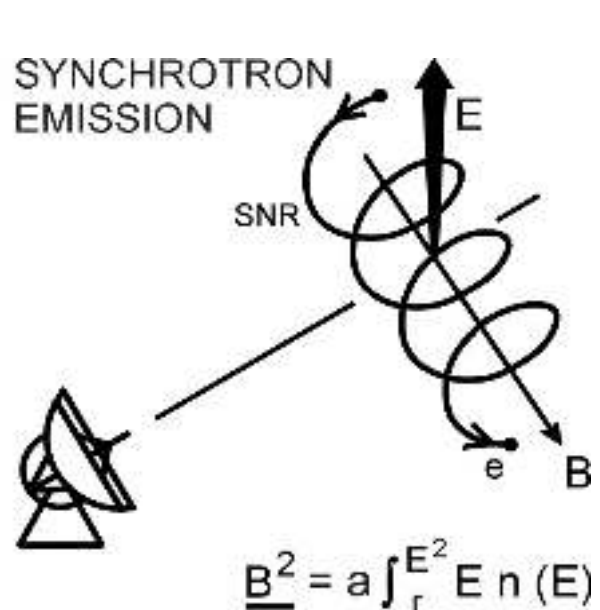


THE POLARIMETER
analyses the signals

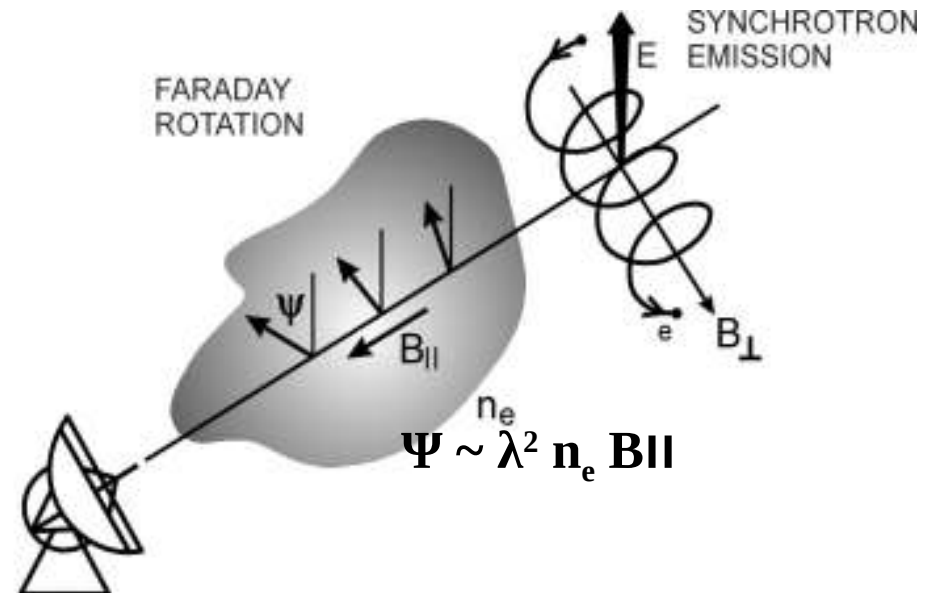


a computer makes an image of magnetic fields

Radiopolarymetria – metoda pomiaru kosmicznych pól magnetycznych

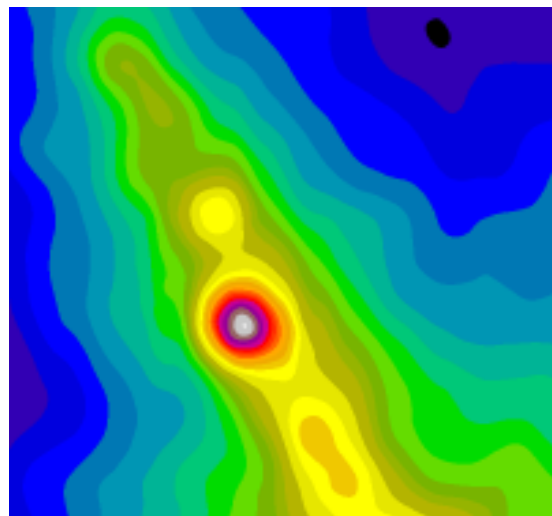


Radio waves emerge polarized from magnetic field regions

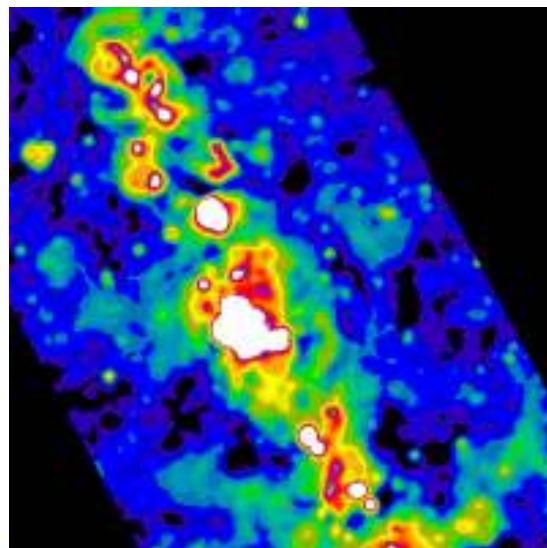


Radio waves suffer rotation in the interstellar medium

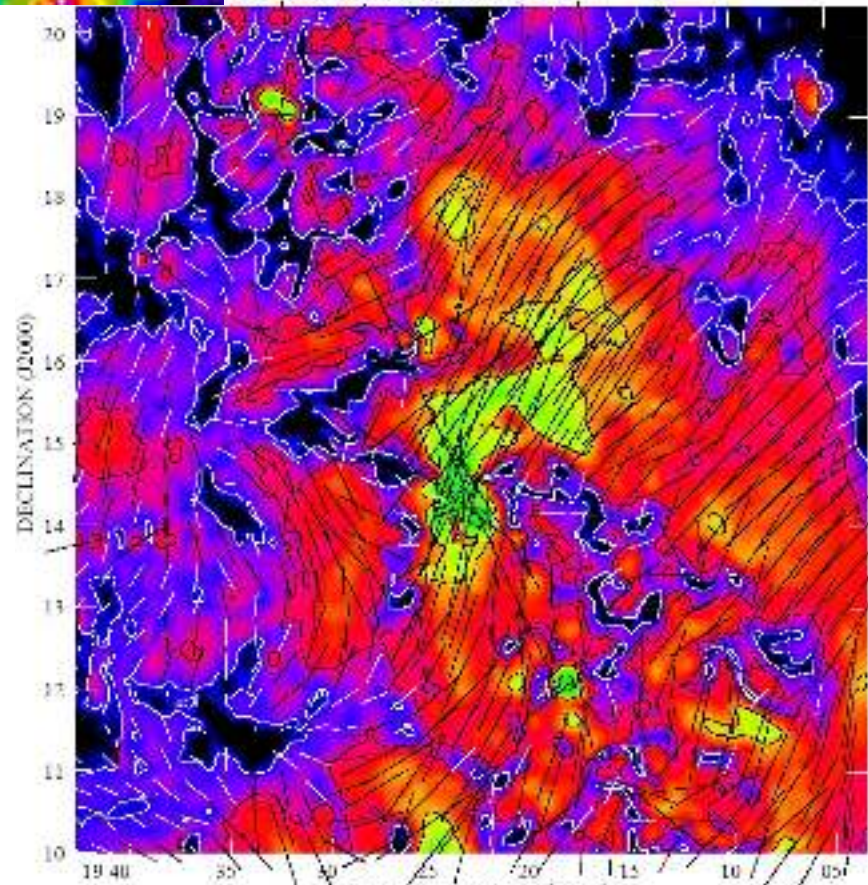
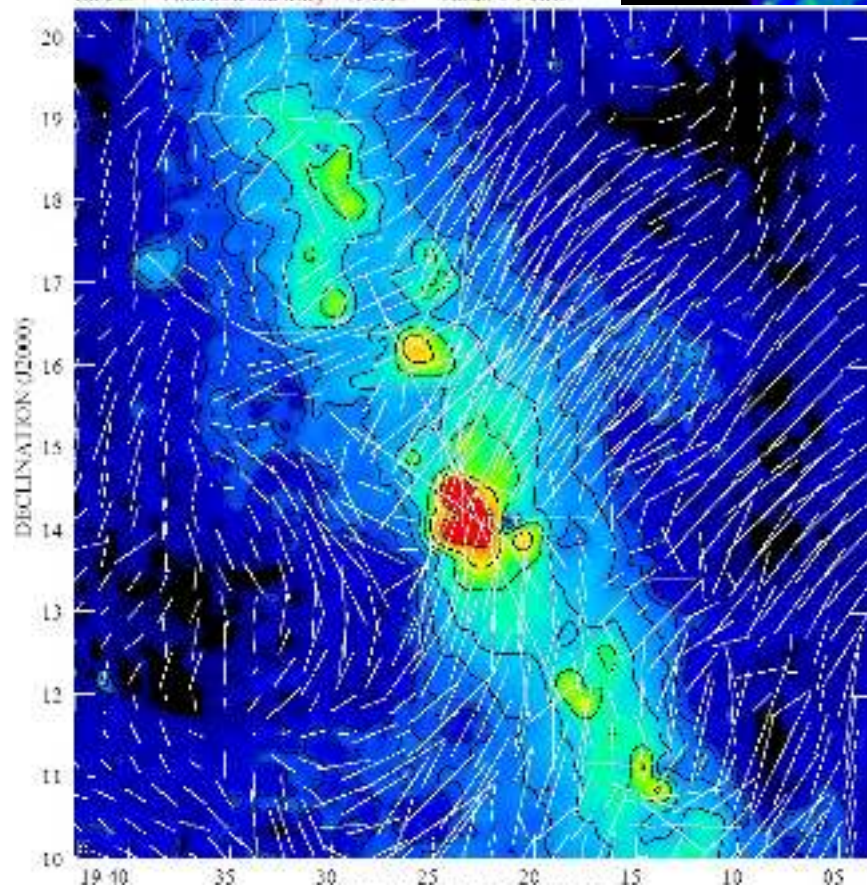
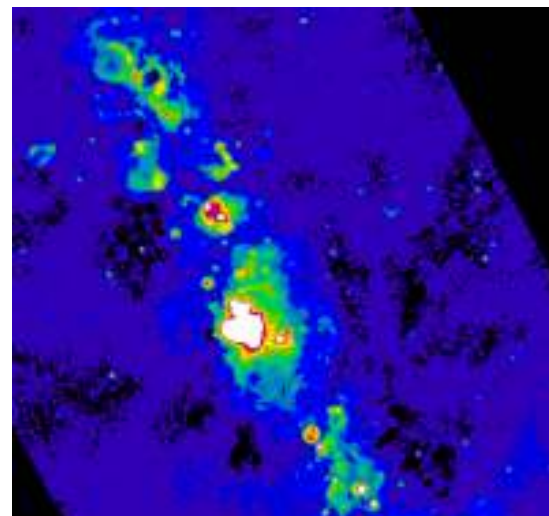
Pomiary polaryzacji dają nam możliwość wektora natężenia pola magnetycznego



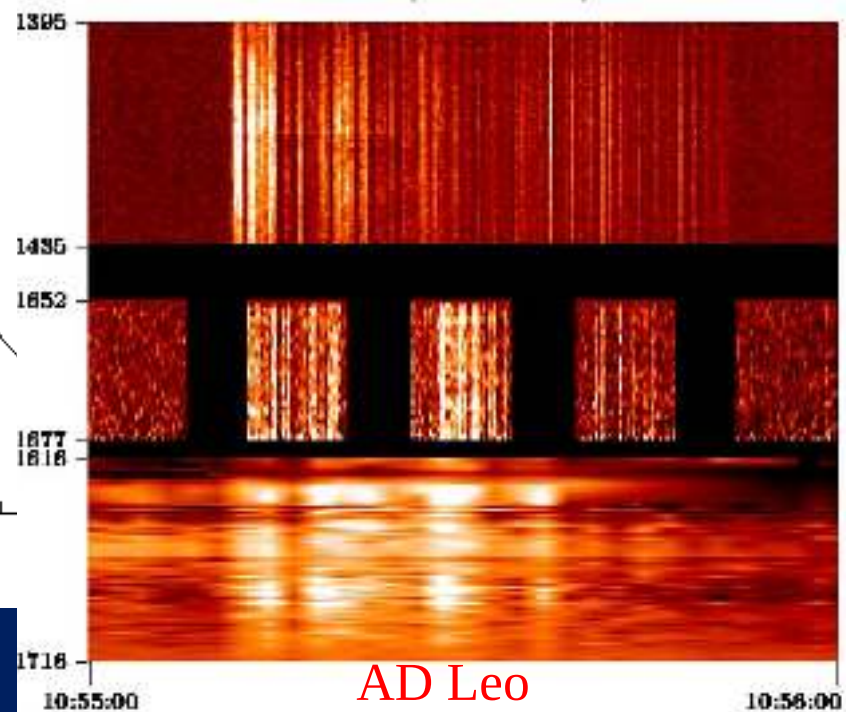
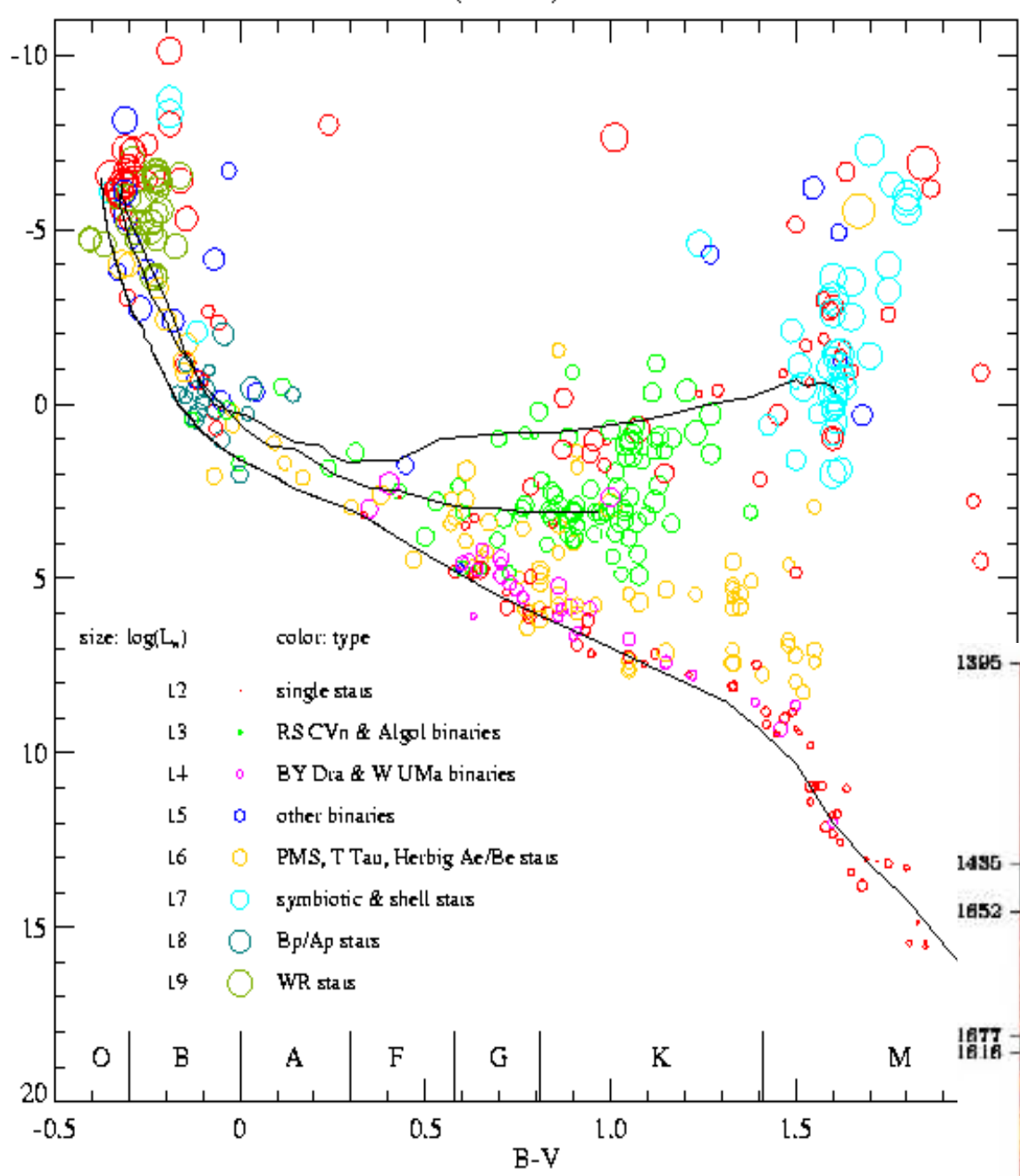
Orion - Polarized Intensity + B-vect. Torus 4.7 GHz



Torus - Pol Int. B-vect. Torus 4.7 GHz



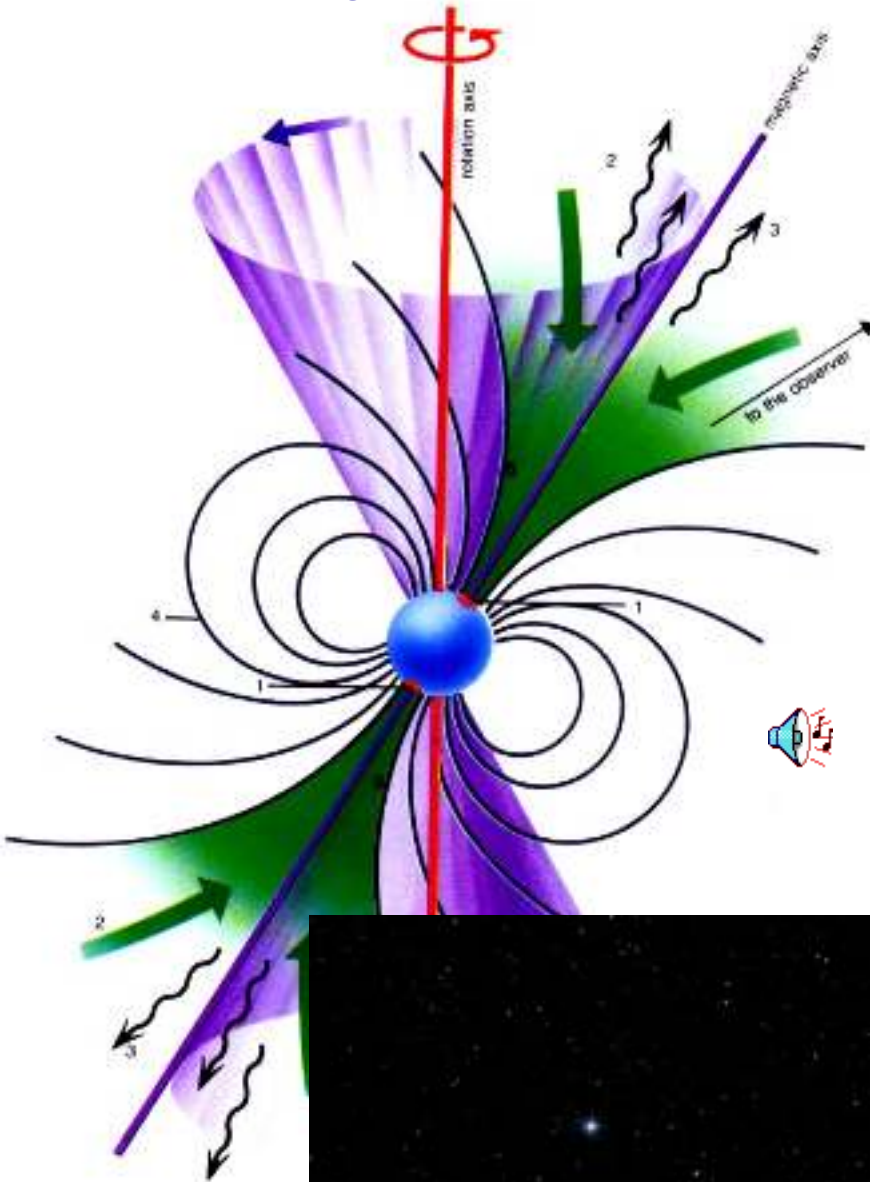
*Radiowa emisja gwiazd
Naszej Galaktyki*



AD Leo

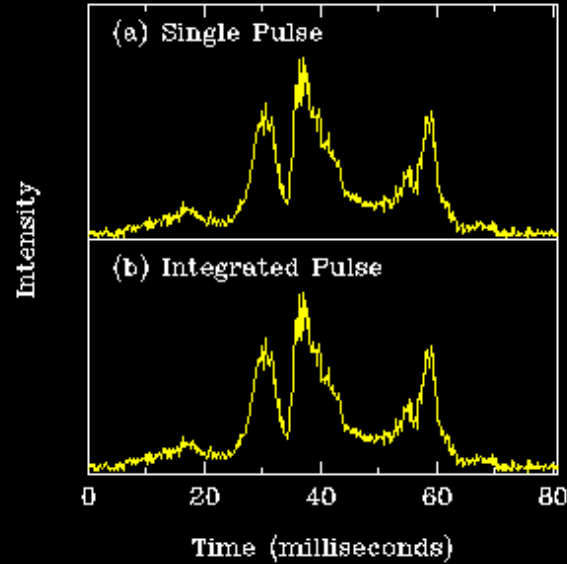
H-R diagram

Pulsars - magnetized neutron stars



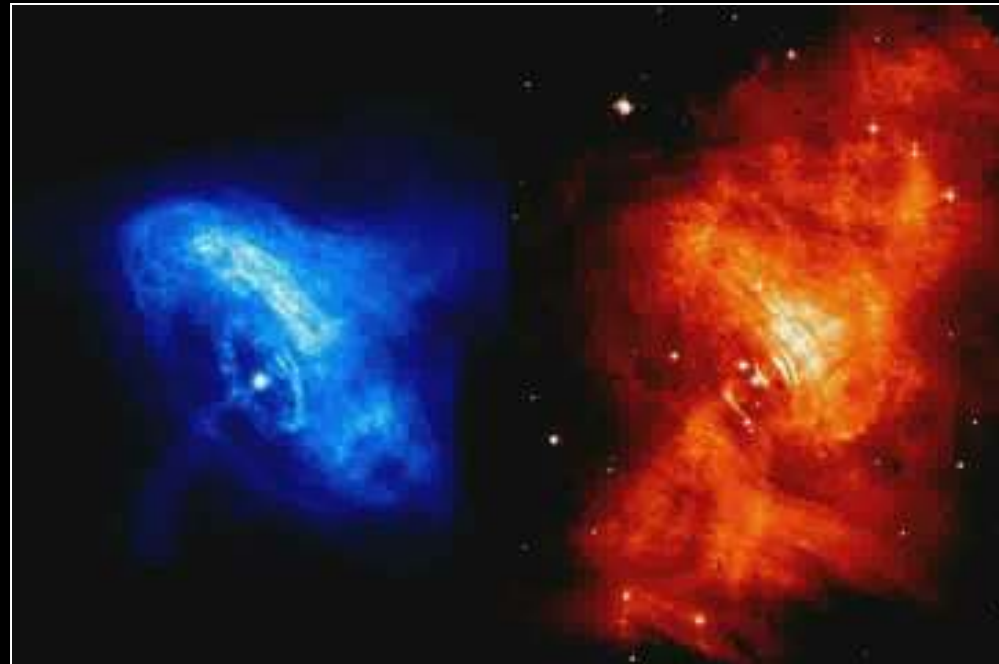
- 1 hot spots (magnetic poles at 10°)
- 2 flux of particles
- 3 radio emission
- 4 magnetic force lines
- 5 accretion column

Pulse number: 1

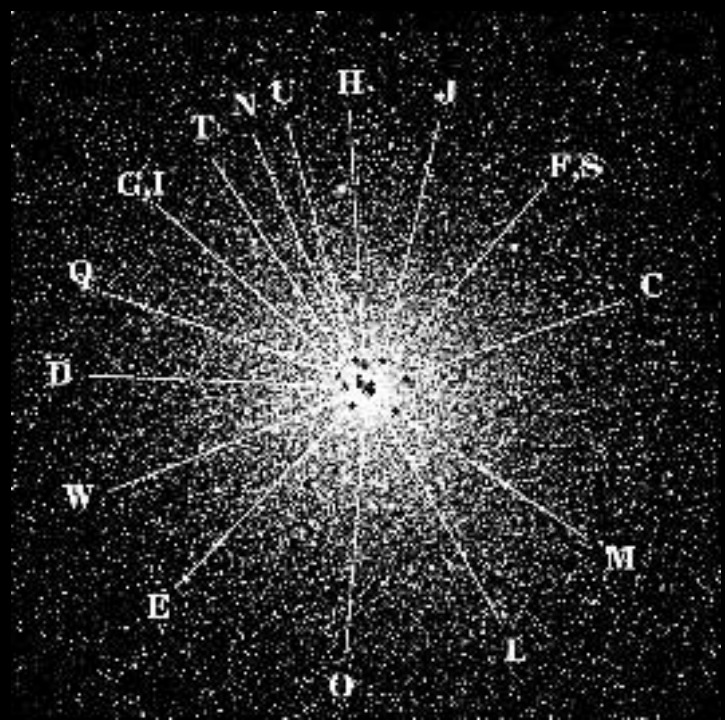
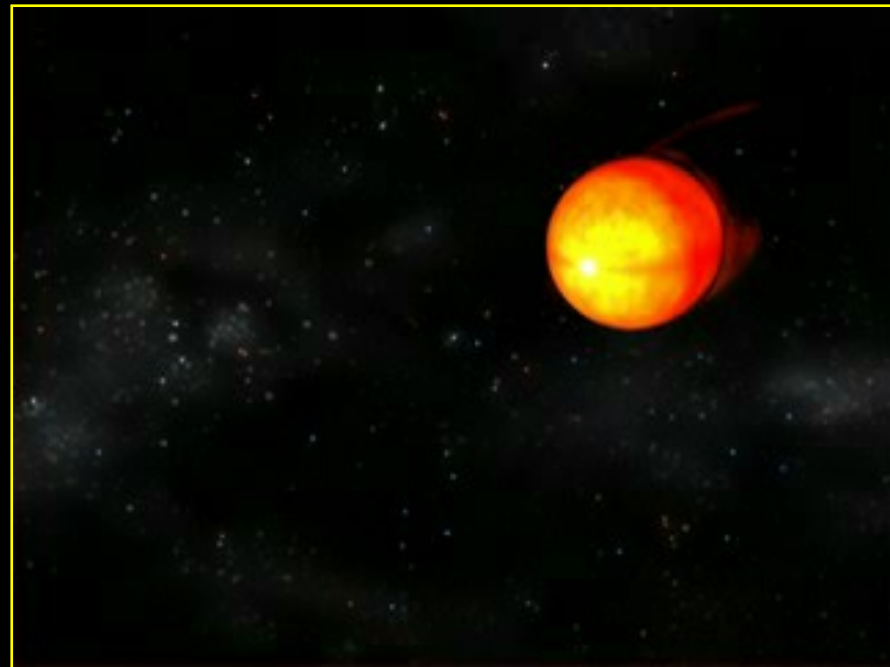
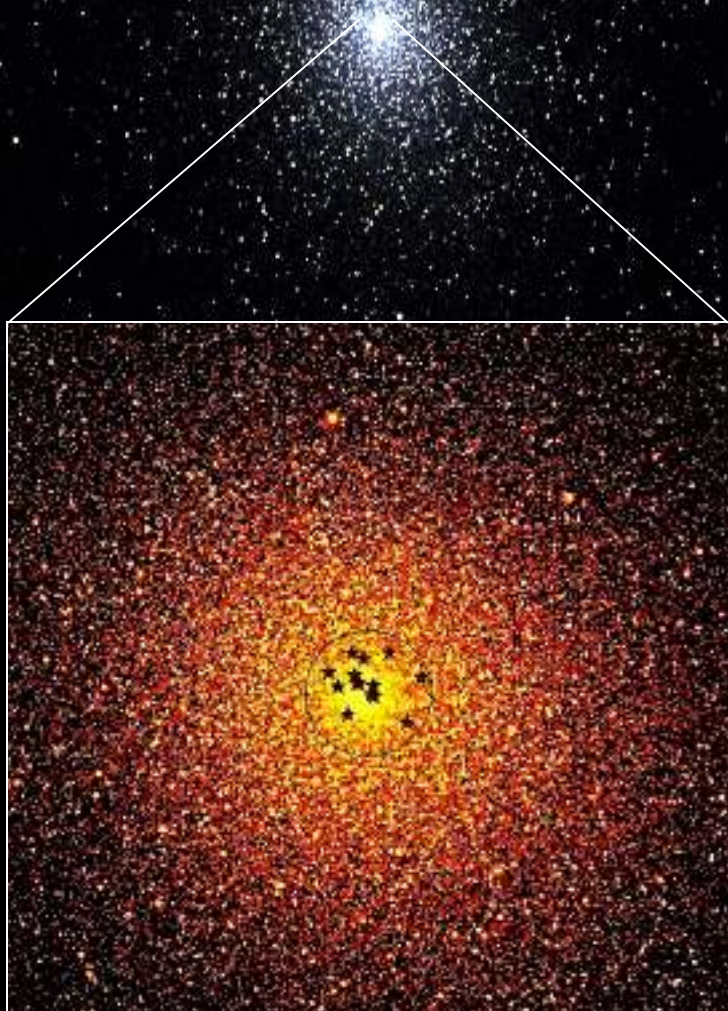


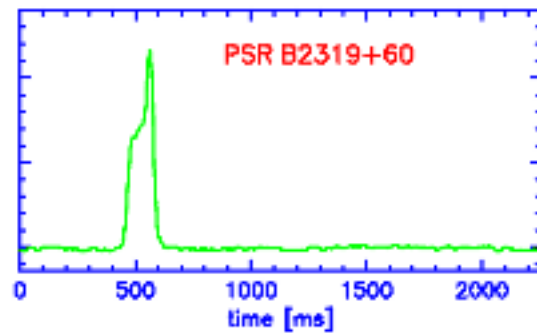
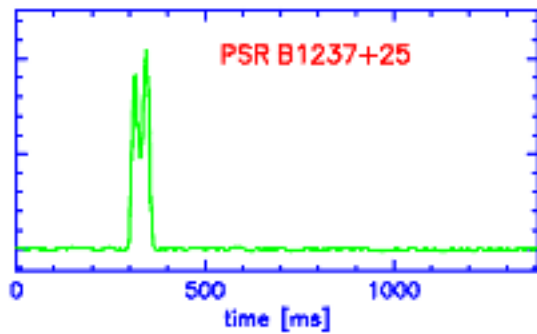
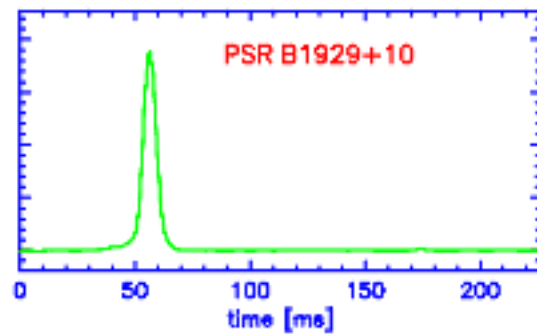
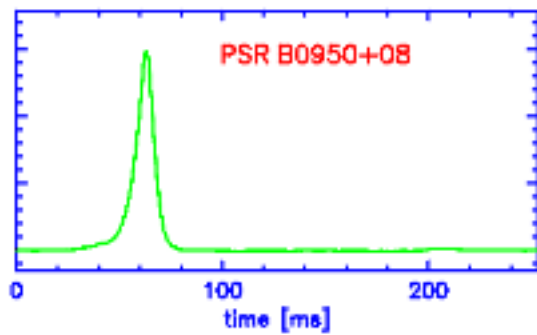
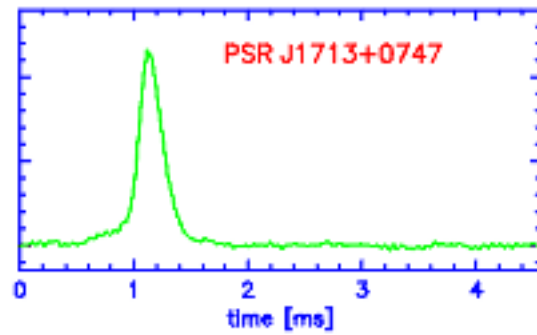
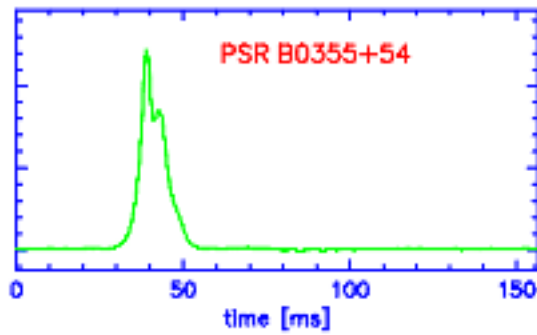
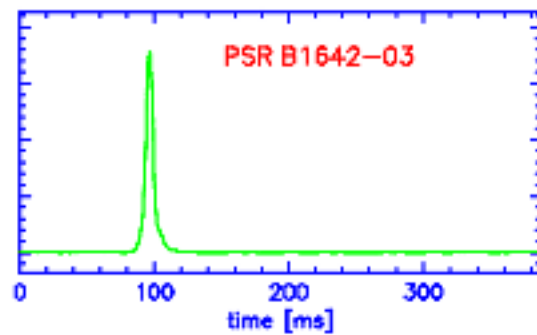
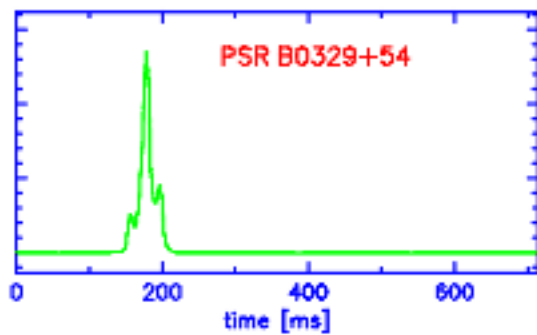
MPIfR data

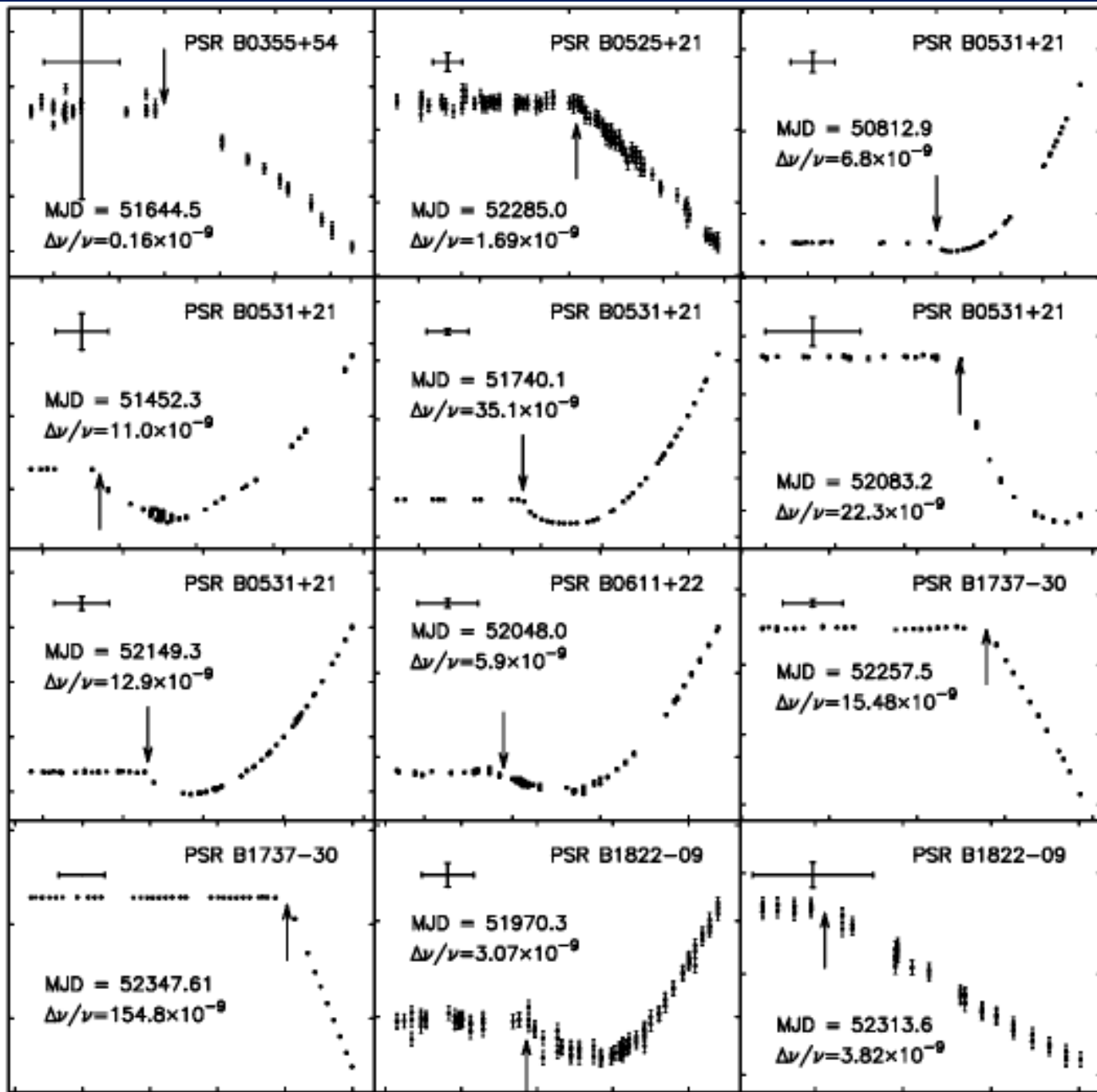
X-ray image of Crab pulsar envelope

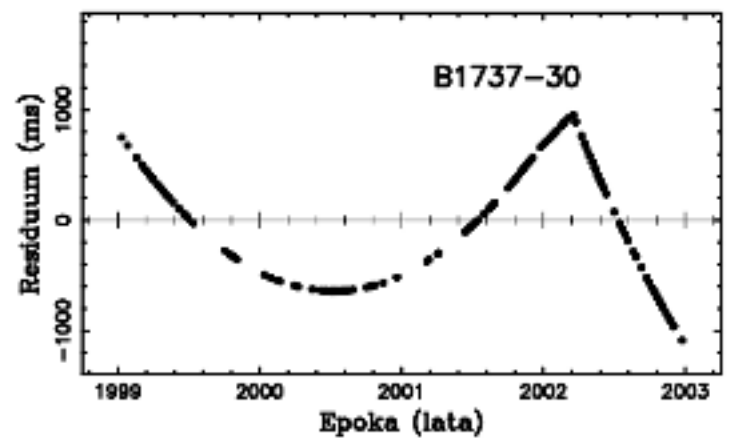
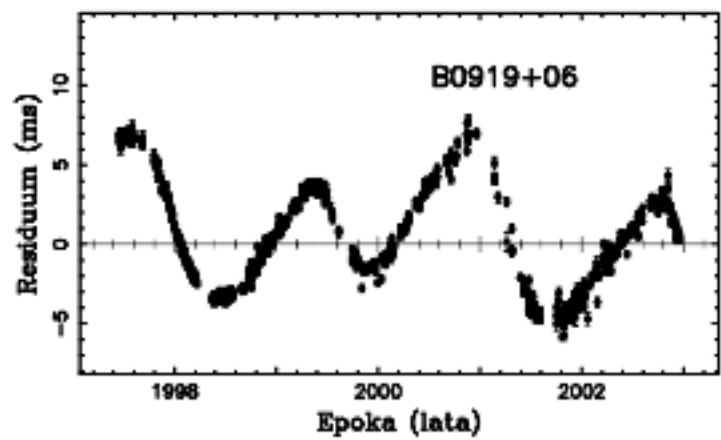
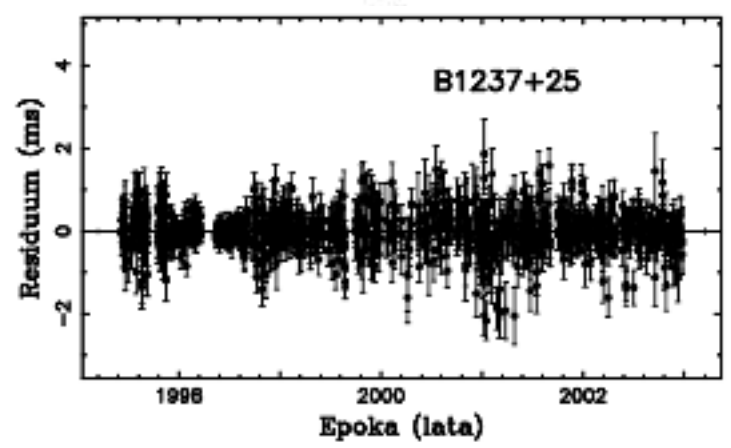
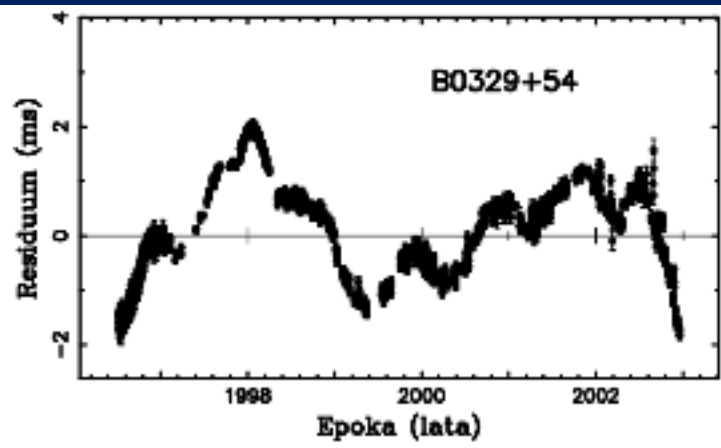
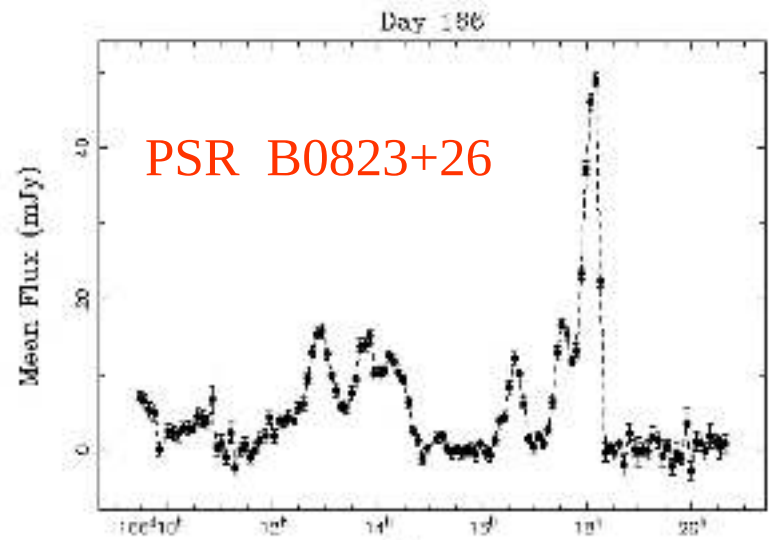
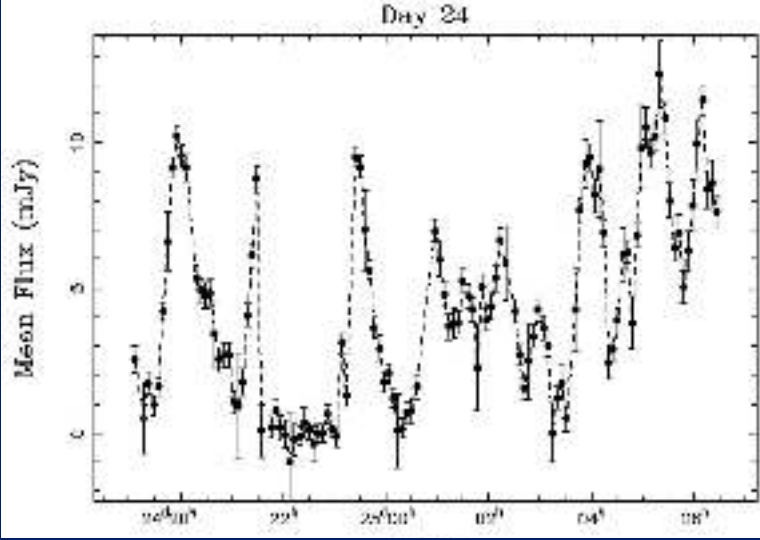


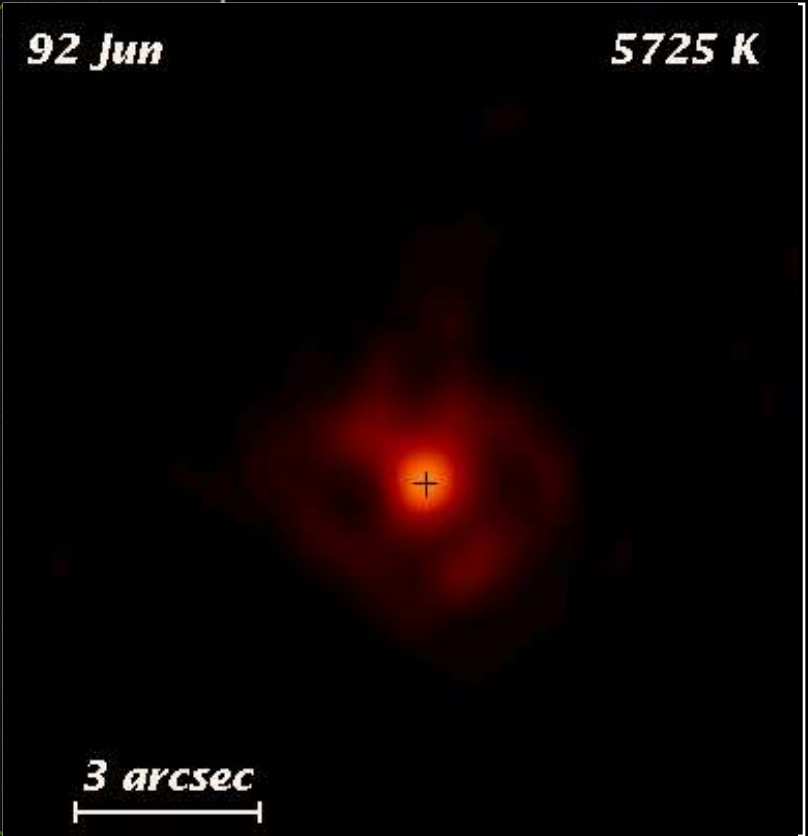
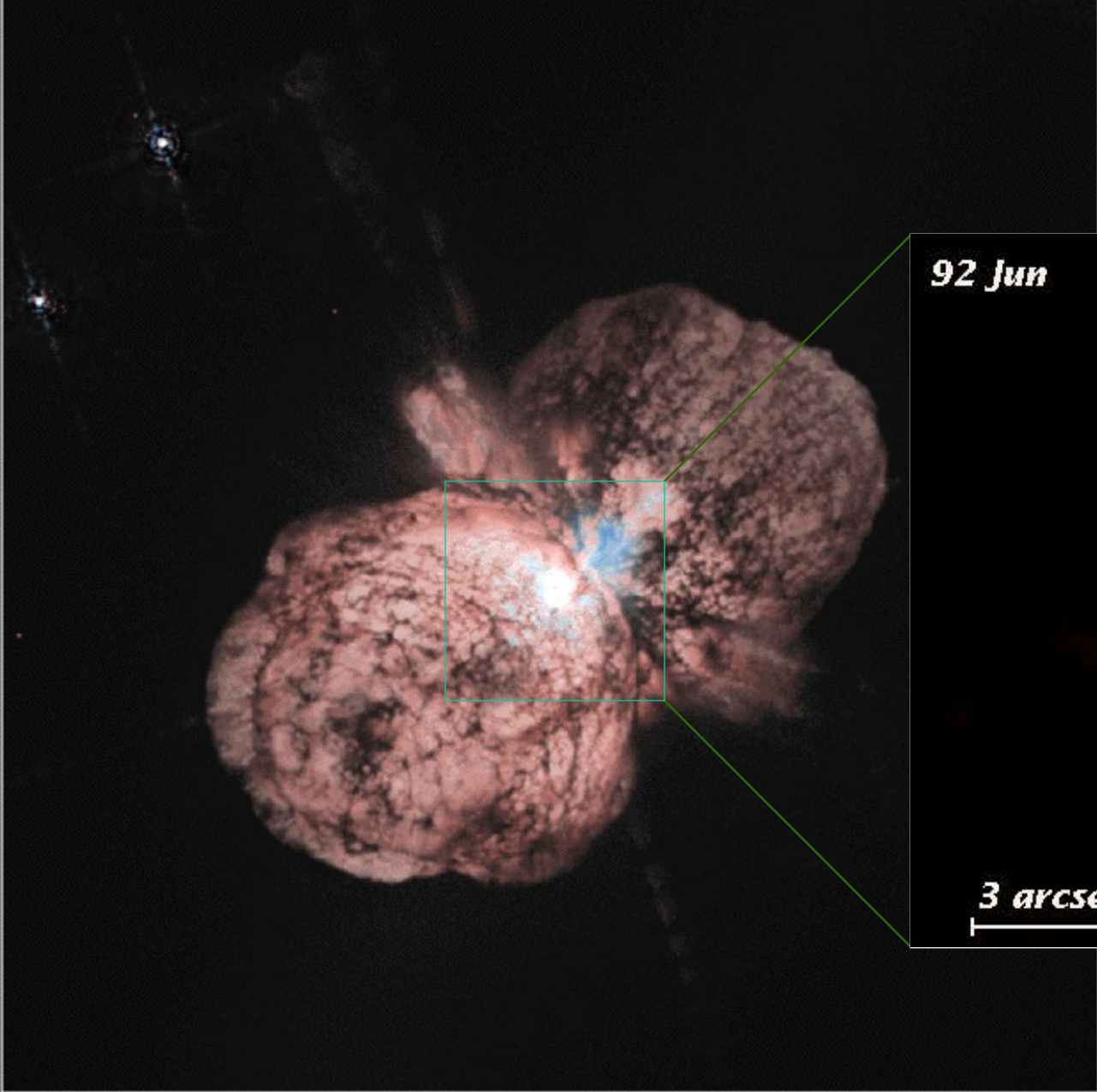
47 Tucanae











92 Jun

5725 K

3 arcsec

*Robert Duncan,
ATNF, Australia*

Eta Carinae

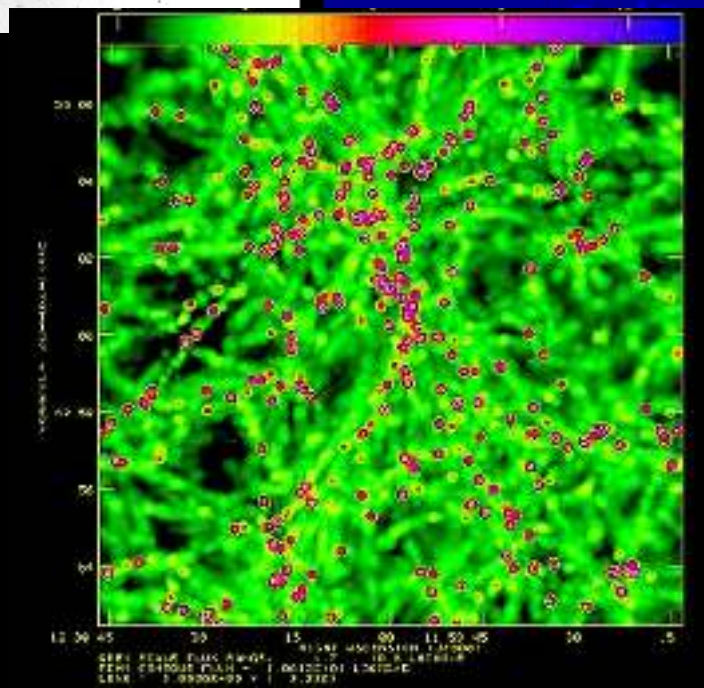
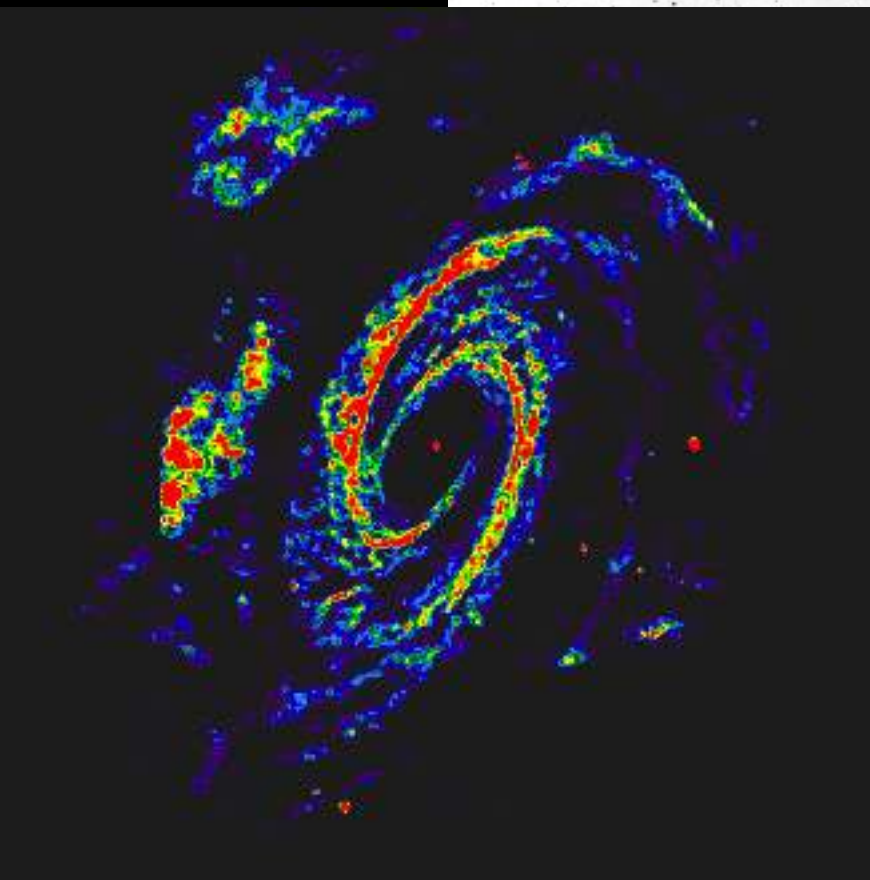
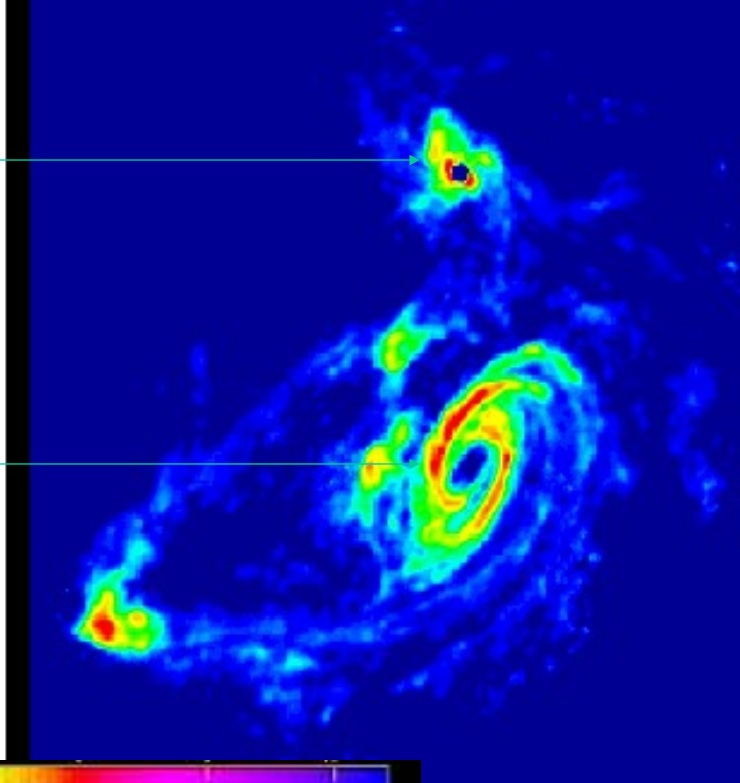
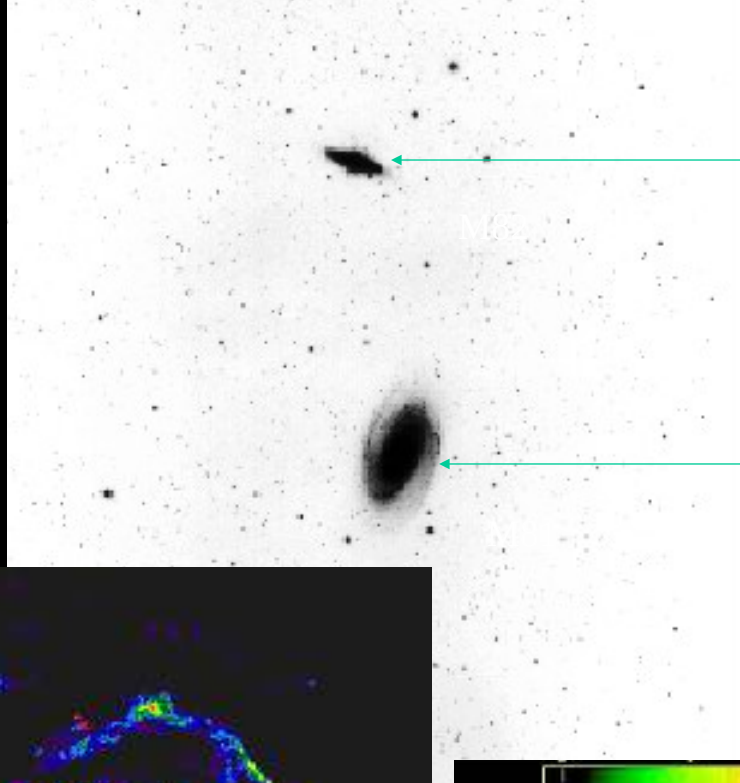
HST · WFPC2

PRC96-23a · ST ScI OPO · June 10, 1996
J. Morse (U. CO), K. Davidson, (U. MN), NASA



*radiowa
spektroskopia
molekuły*

*Wodór
Neutralny
w
M81 & M82*



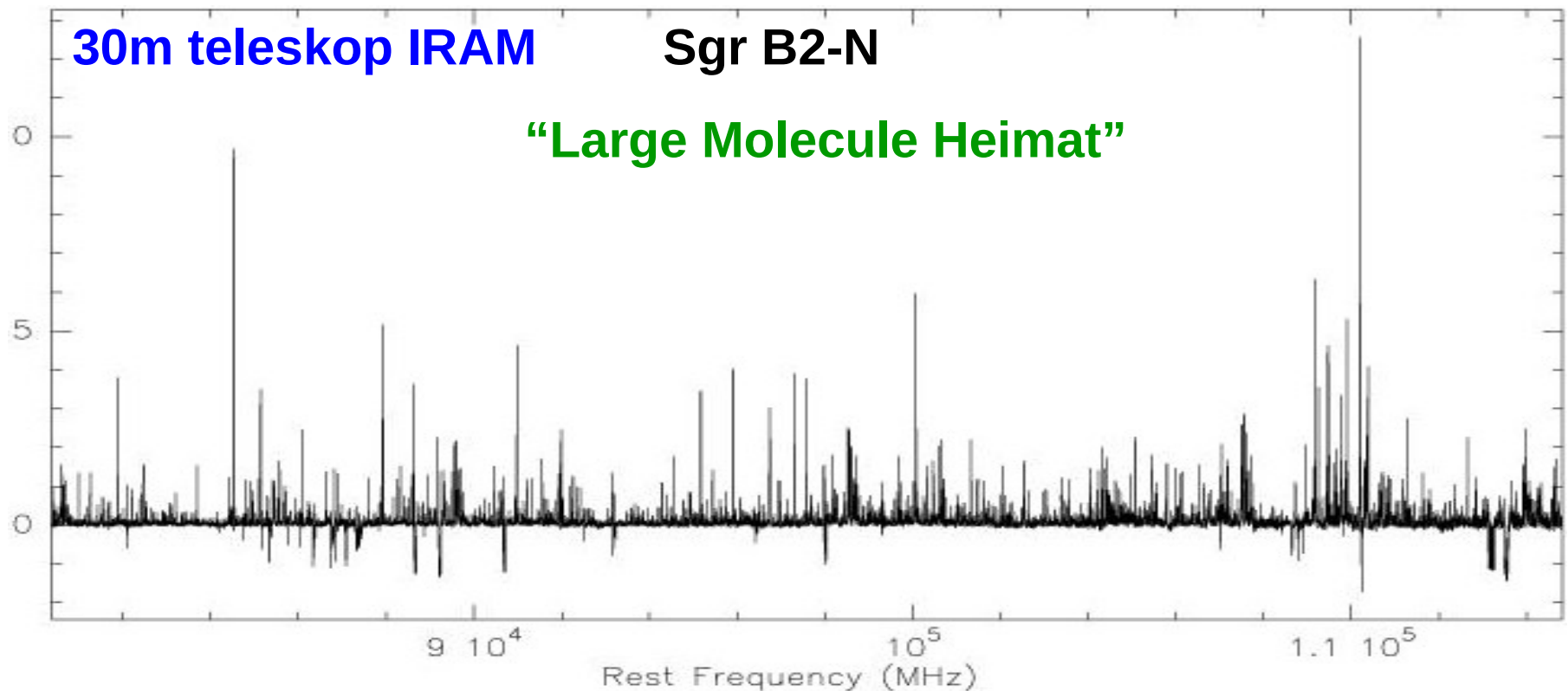
*HI distrybucja
simulacja
dla $z = 2$*

*Robert Braun
NFRA*

30m teleskop IRAM

Sgr B2-N

“Large Molecule Heimat”

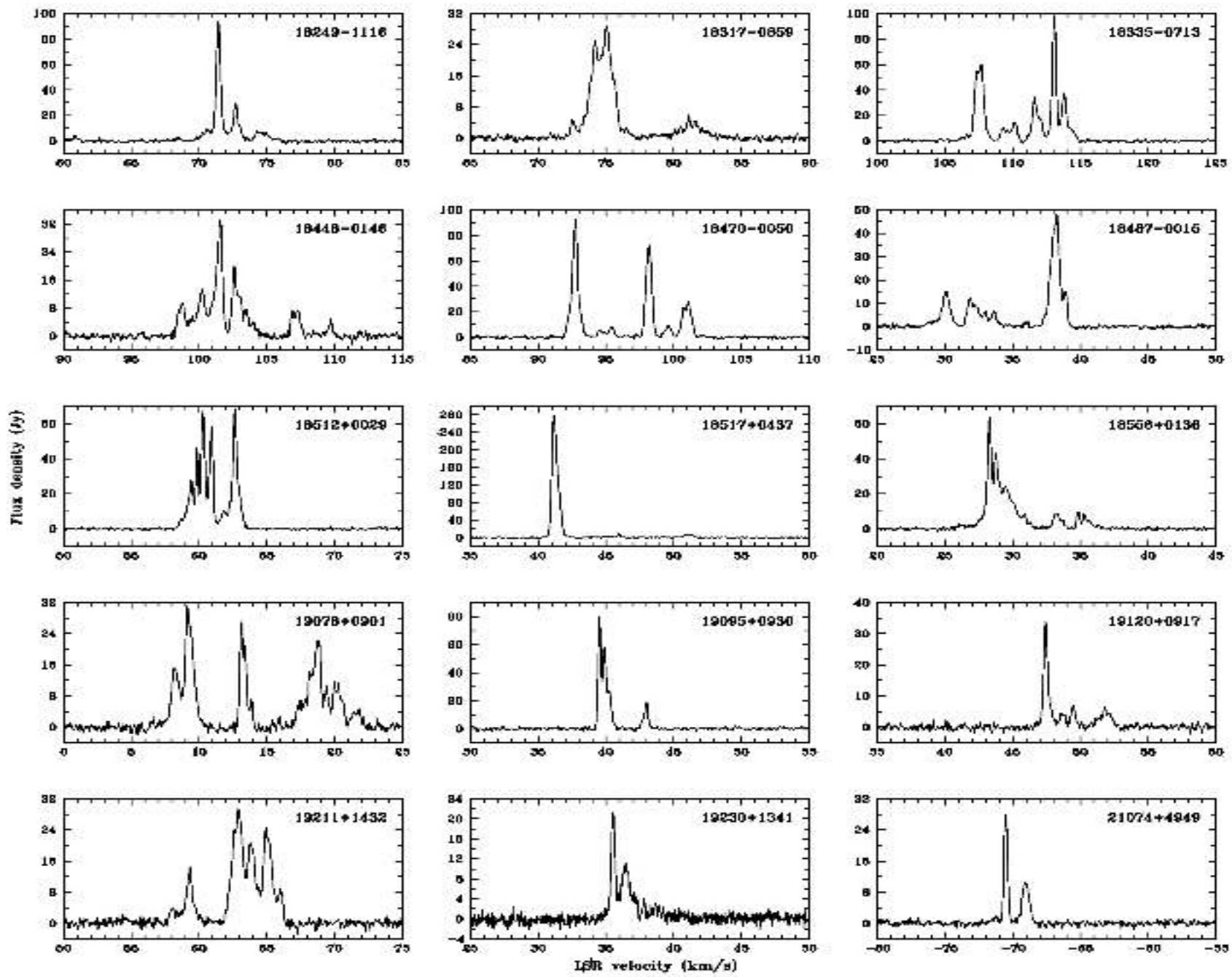


Pasmo 3 mm (70 – 116 GHz) w przedziale 500 MHz jest aż 2000 – 3000 linii!!!!

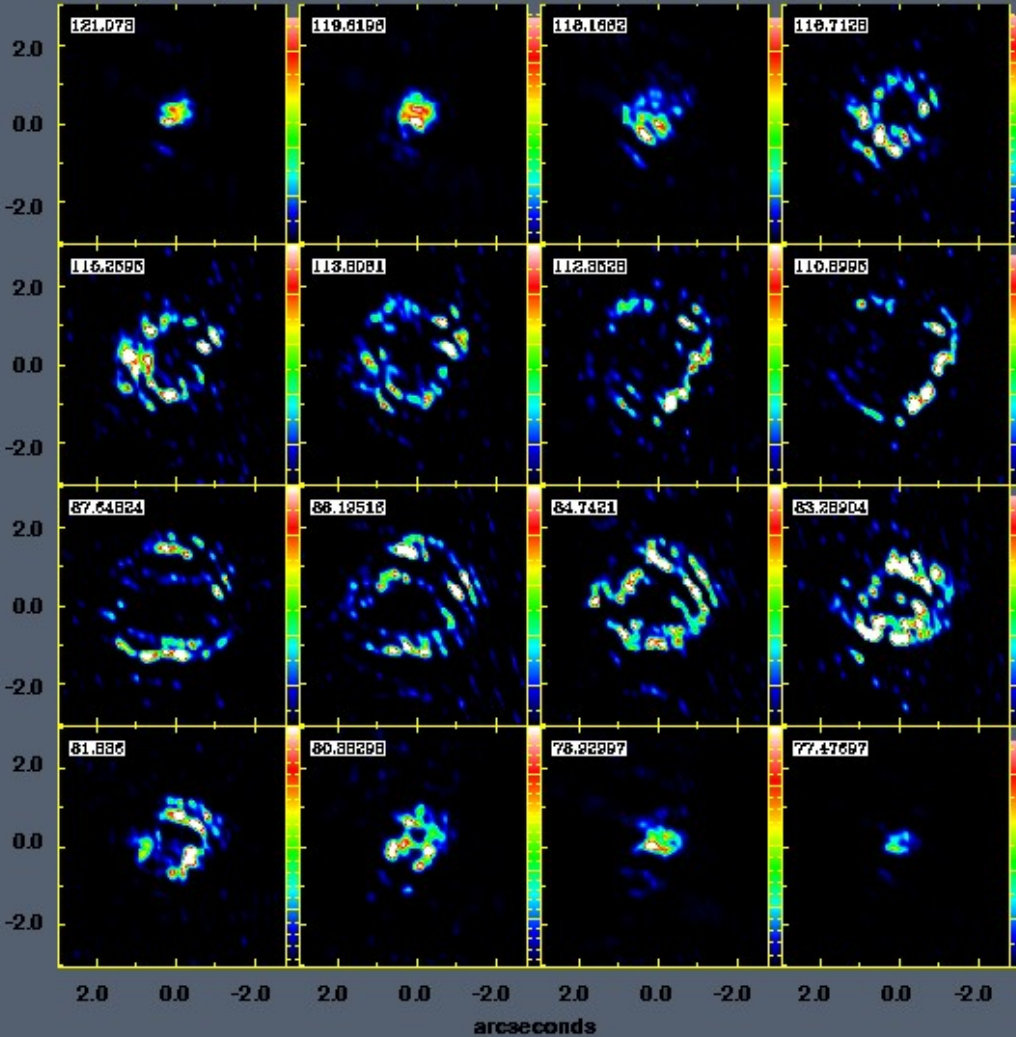
~10 minut integracji/spectrum → poziom konfuzji

(Belloche, Comito, Hieret, Leurini, Menten, Schilke)

Z teleskopem ALMA możliwe będą obserwacje całego zakresu fal mm w ciągu *10 minutes* do poziomu konfuzji



OH 30.1 18 cm OH Masers MERLIN



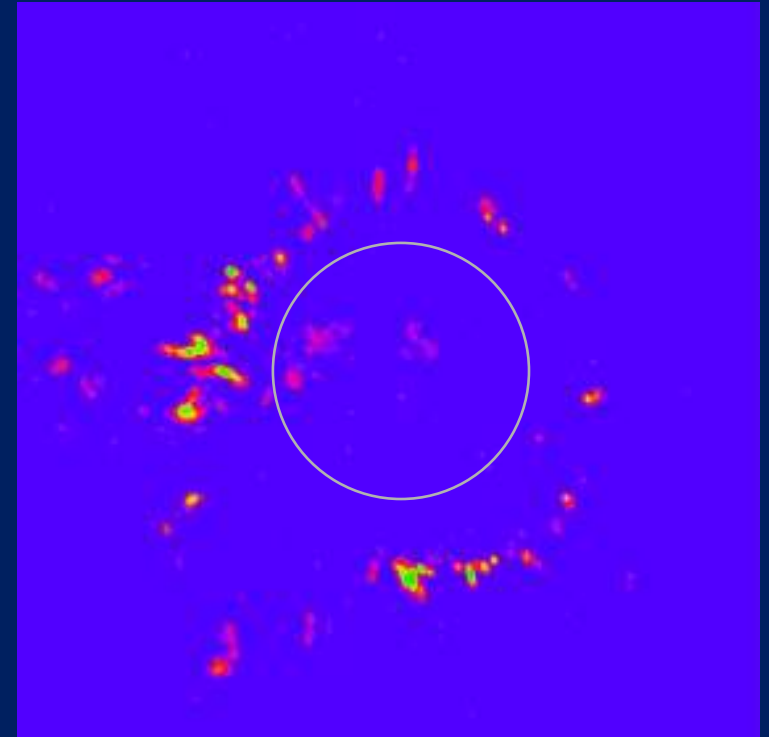
Images made by Chapman (ATNF) at Jodrell Bank with MERLIN telescopes

OH

H_2O

3D tomografia atmosfer gwiazdowych

dysk gwiazdy



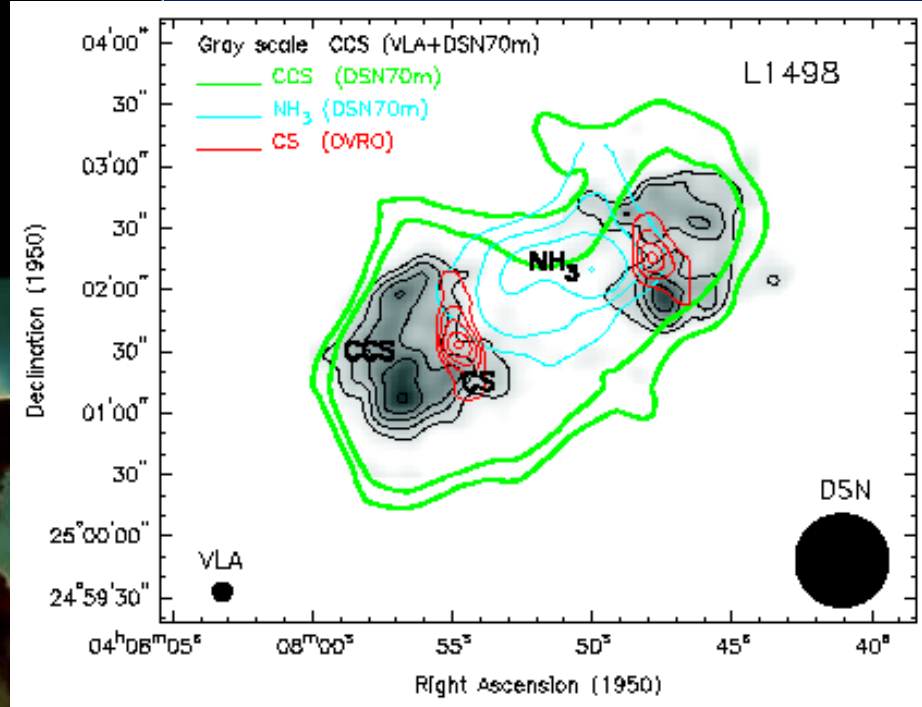
Ewolucja otoczki masera SiO w TX Cam - Diamond and Kambal

SiO



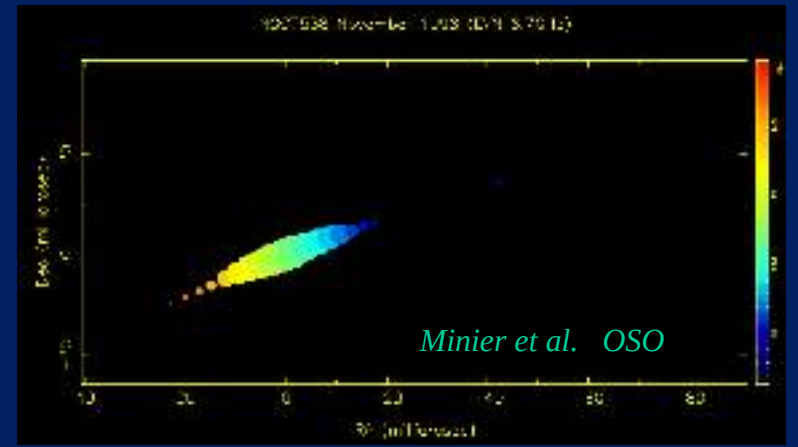
M17 - HST

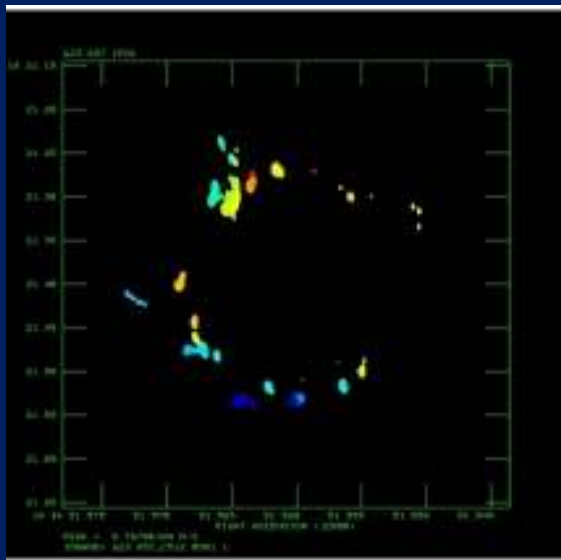
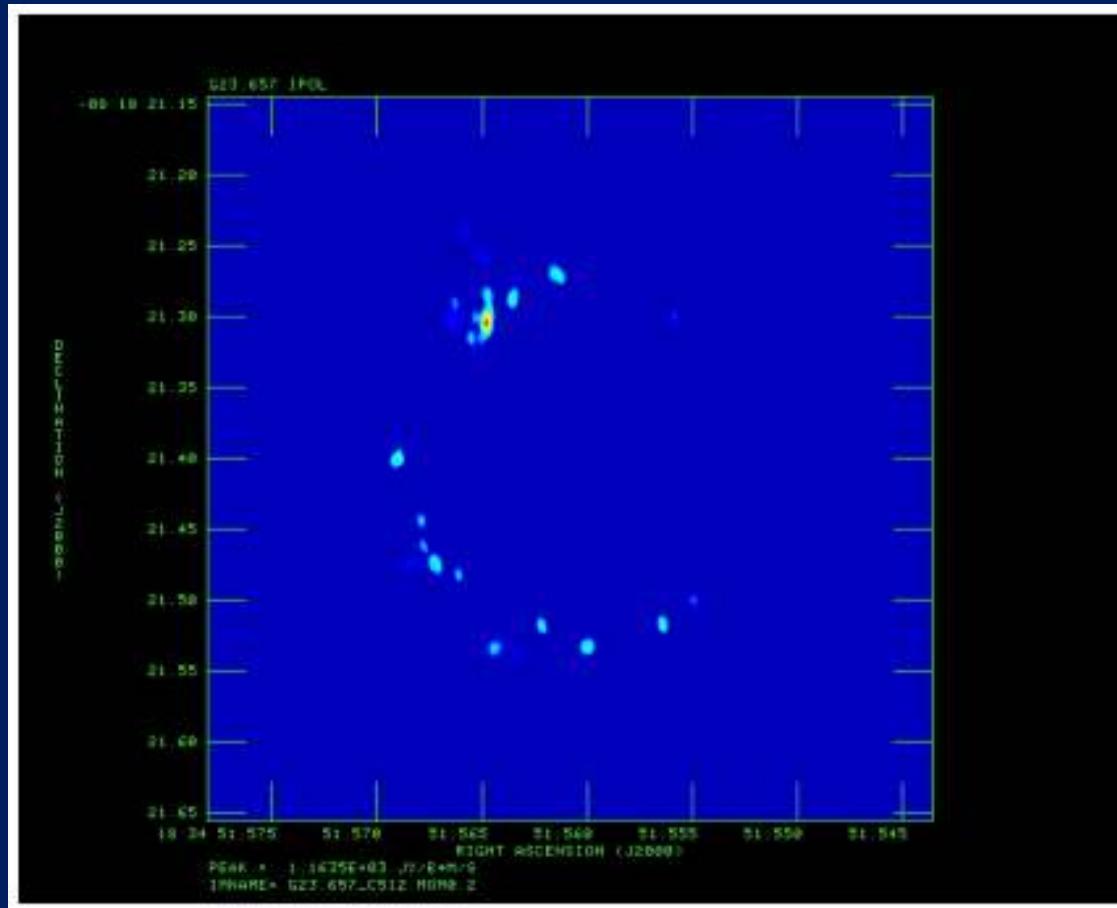
Atomowy i molekularny gaz + pył



Mgławica Lagoon - HST

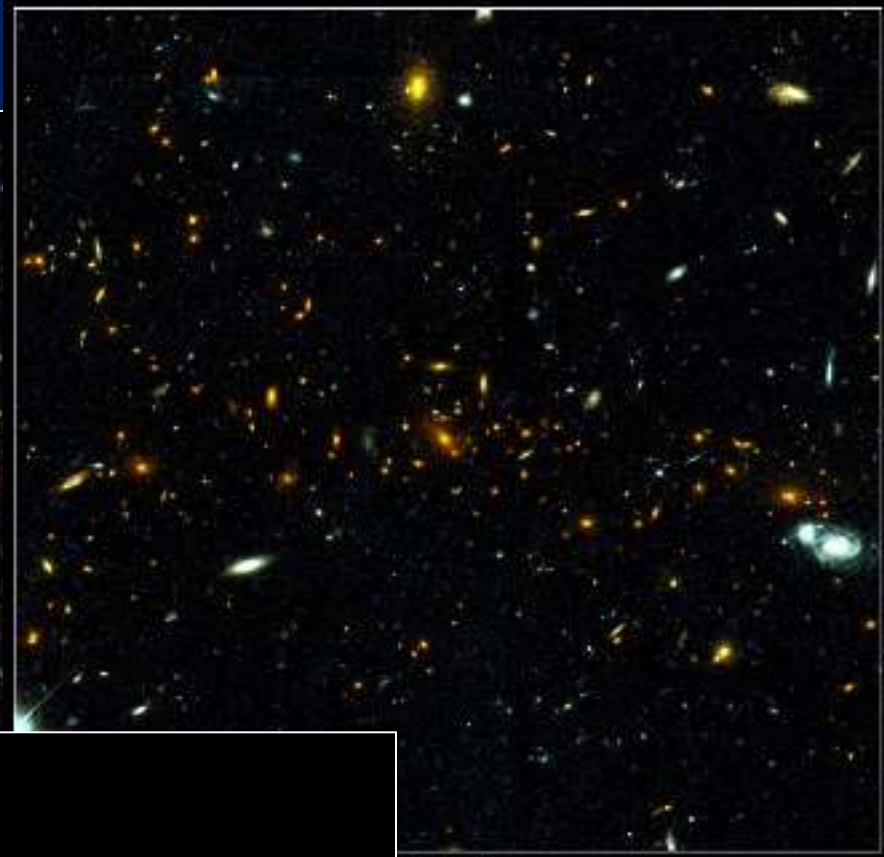
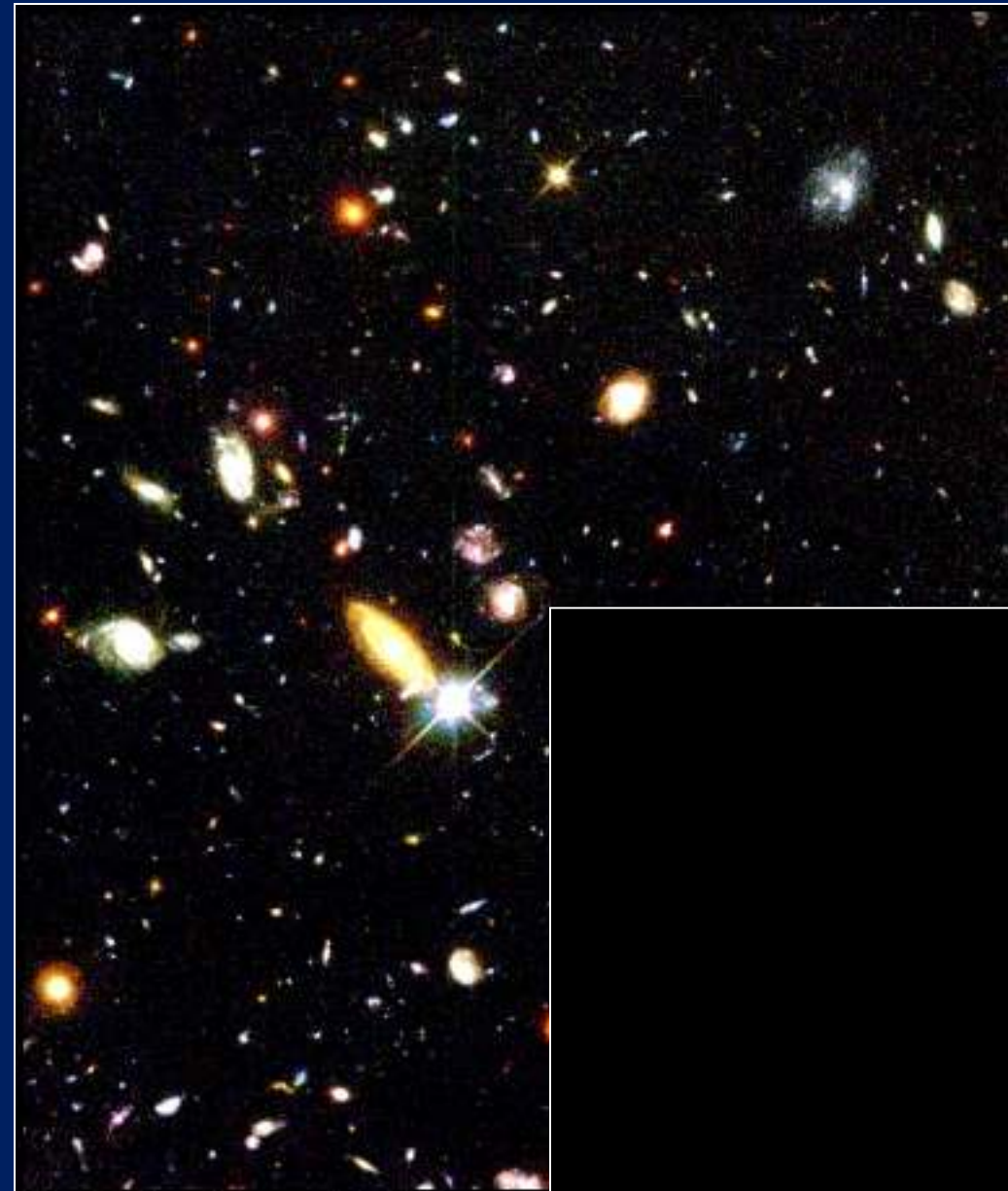
Metanol CH₃OH w dysku protoplanetarnym





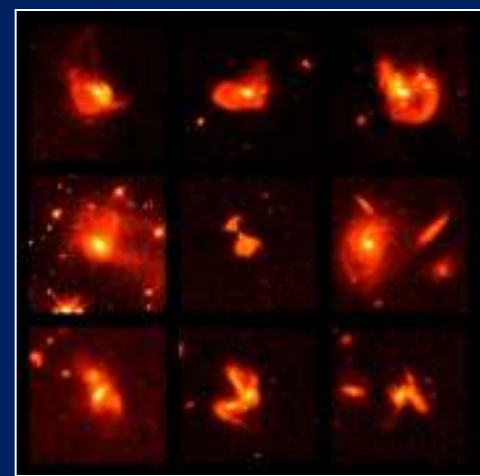
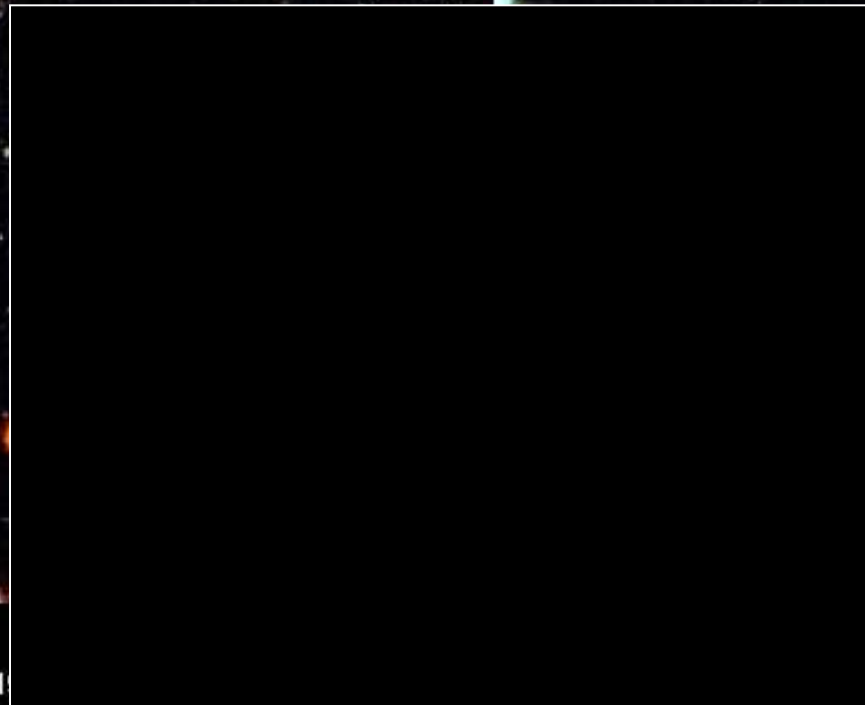
G23.657 maser metanolowy

Setki miliardów galaktyk



54-03

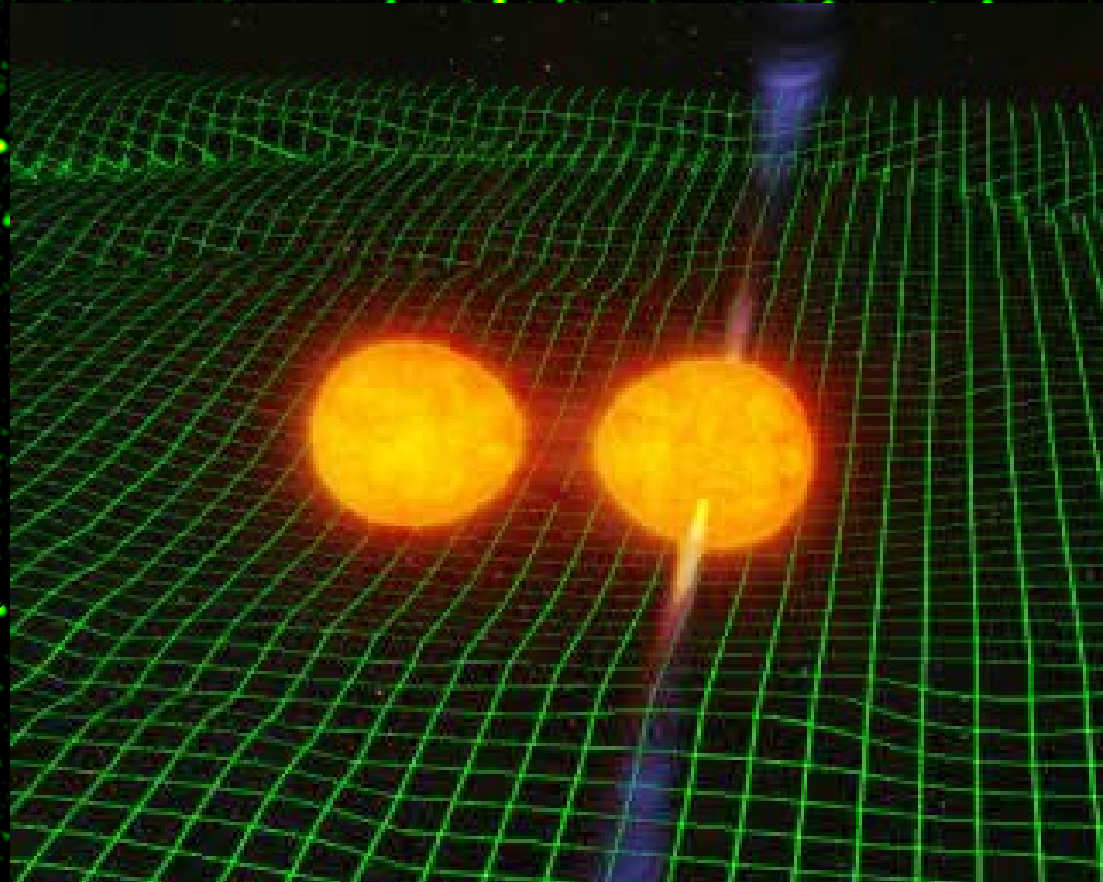
mergers



Hubble Deep Field
PRC96-01a · ST ScI OPO · January 15, 1996

NVSS – NRAO VLA Sky Survey na 1.4 GHz

Dec > -40deg, zawiera ~1.8 milionów radioźródeł !

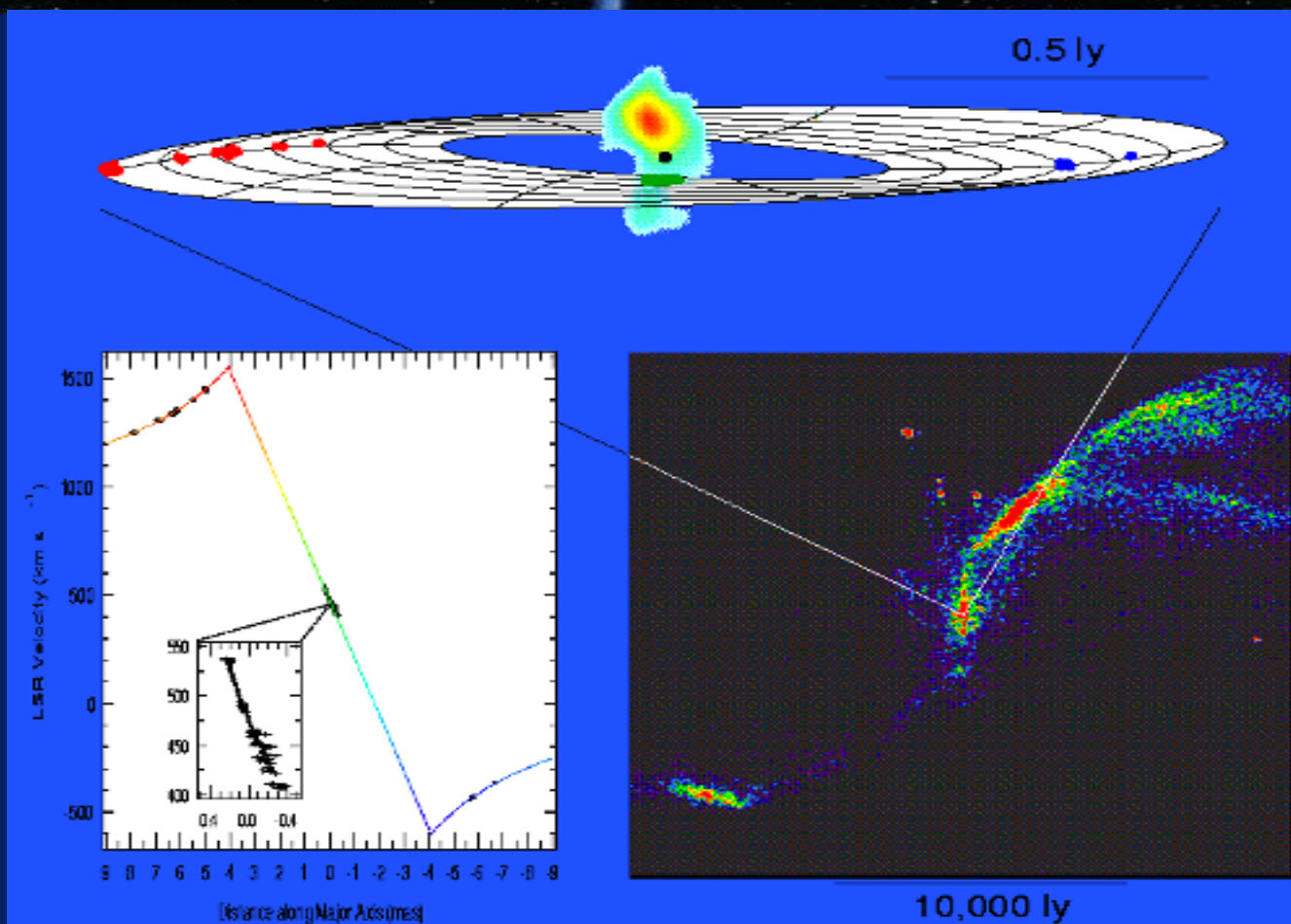
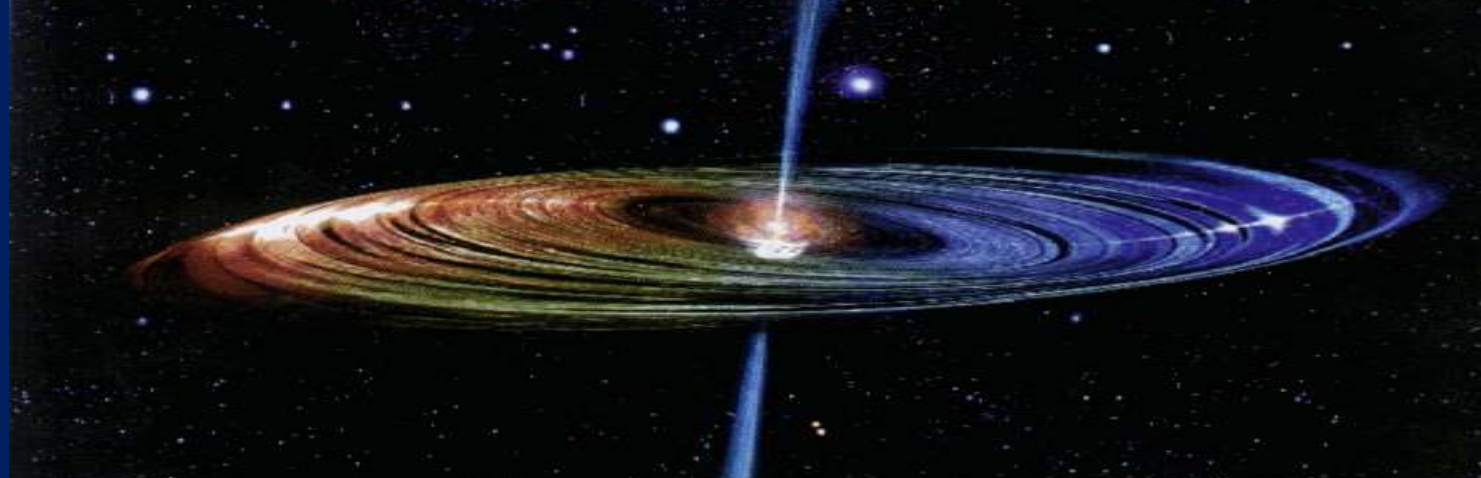


Przykładowe pole o wymiarach $\sim 3^\circ \times 2^\circ$

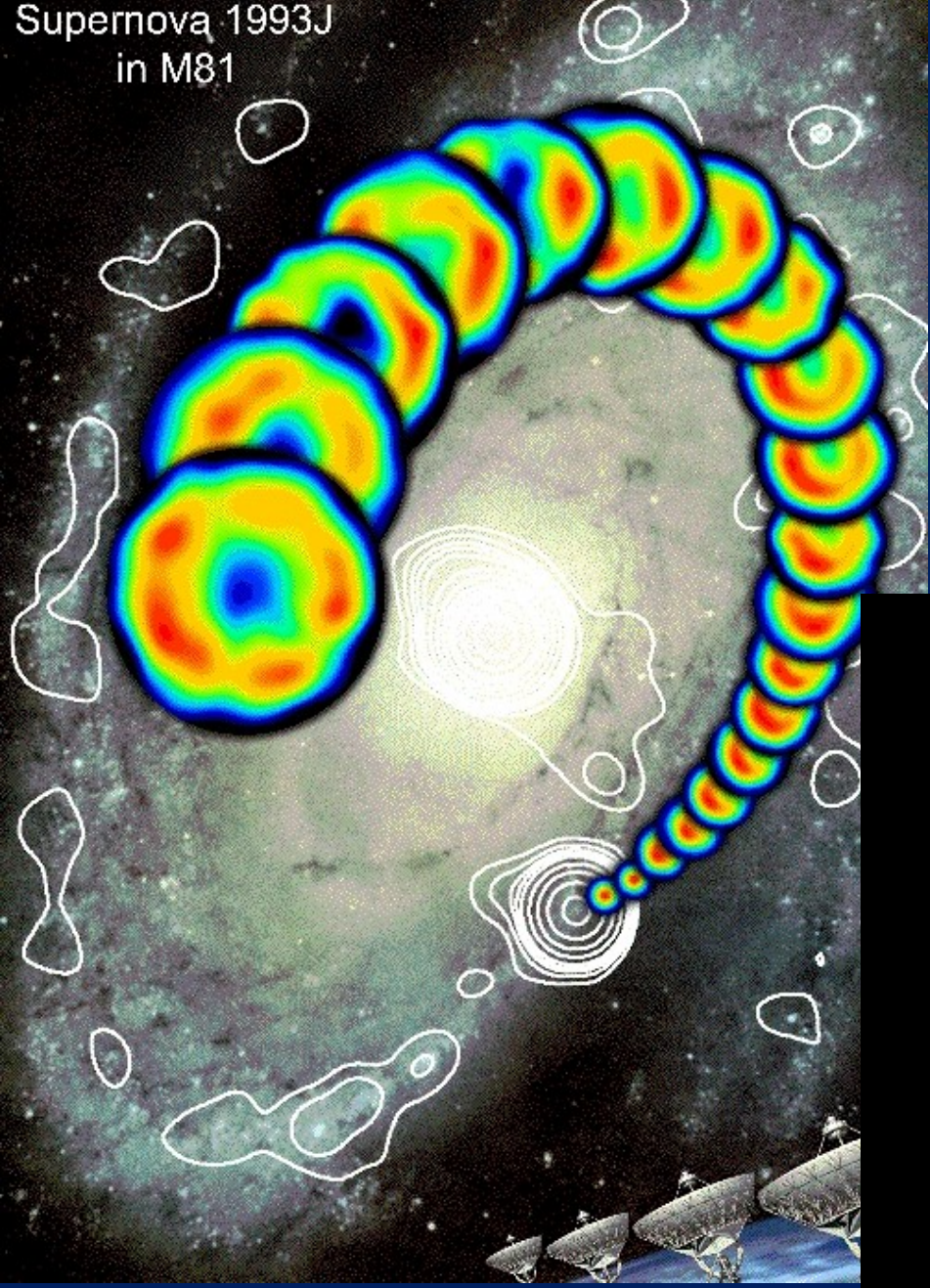
*Wykrywanie
masywnych
czarnych dziur
w galaktykach*

NGC 4258
M106

By J. Moran et al.

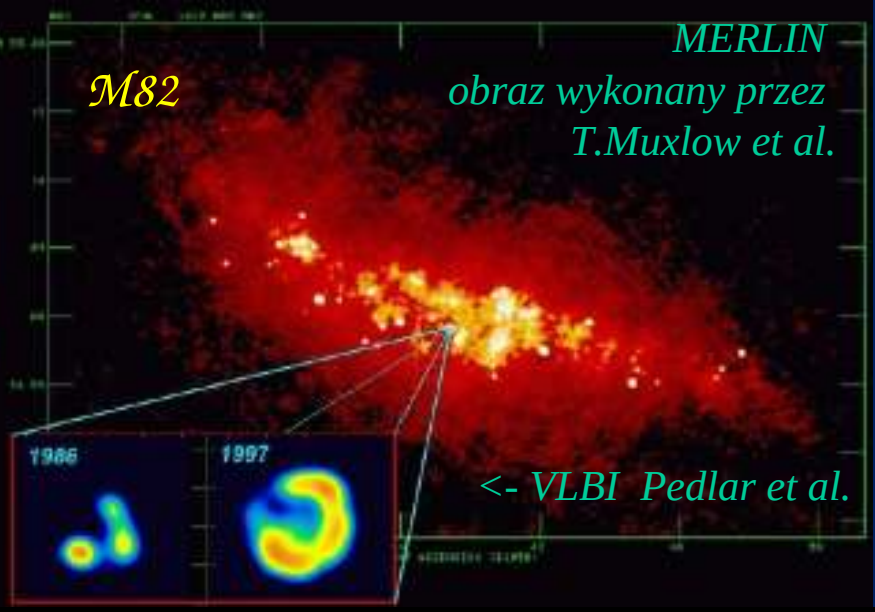


Supernova 1993J
in M81



M82

MERLIN
obraz wykonany przez
T.Muxlow et al.



<- VLBI Pedlar et al.

SN1993J in M81 VLBI Observations

J.M. Marcaide, A. Alberdi, E. Ros,
et al.

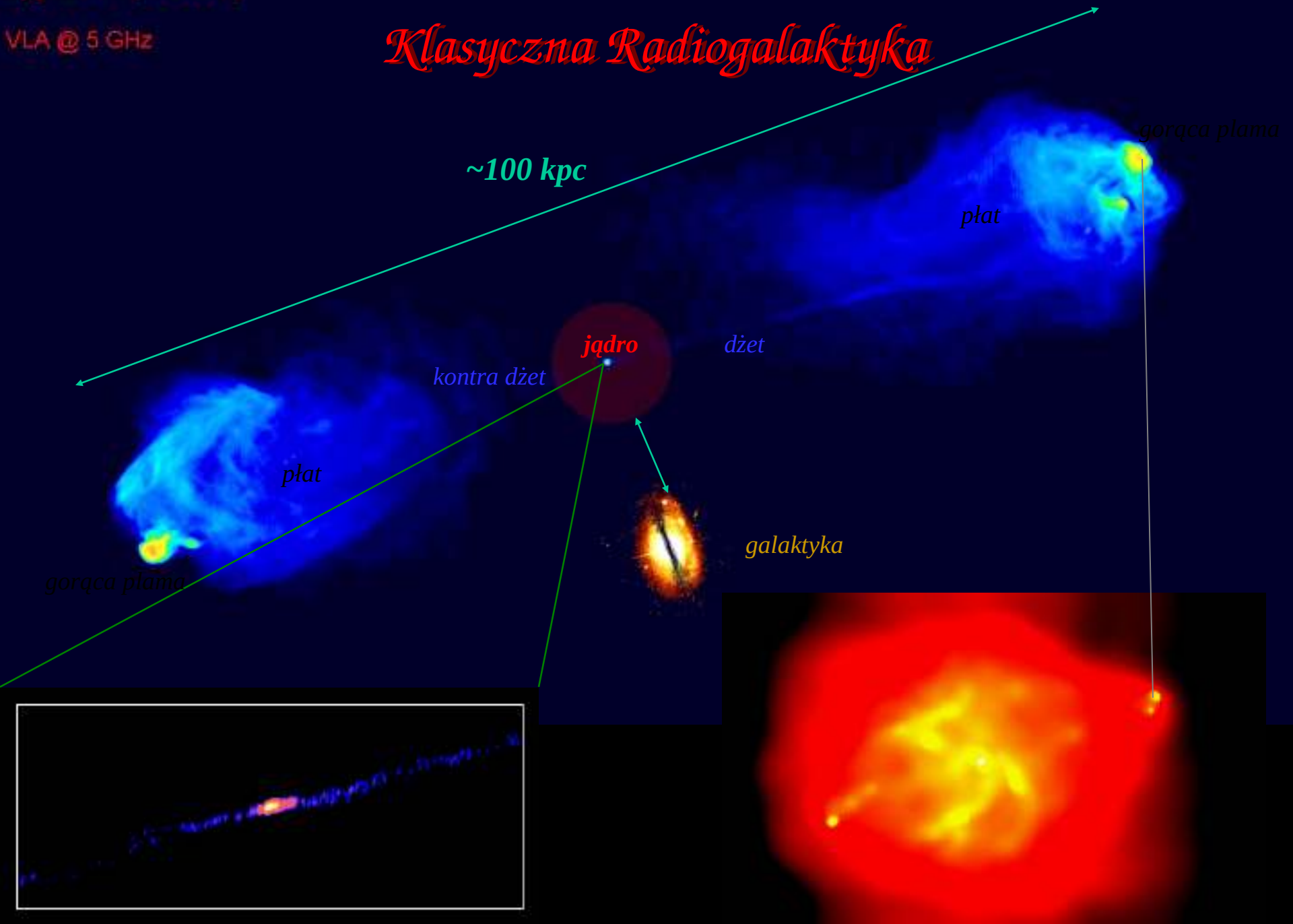
© J.M. Marcaide, Universitat de València, 2000

Cygnus A (3C405)

VLA @ 5 GHz

Klasyczna Radiogalaktyka

~100 kpc



gorąca plama

płat

dżet

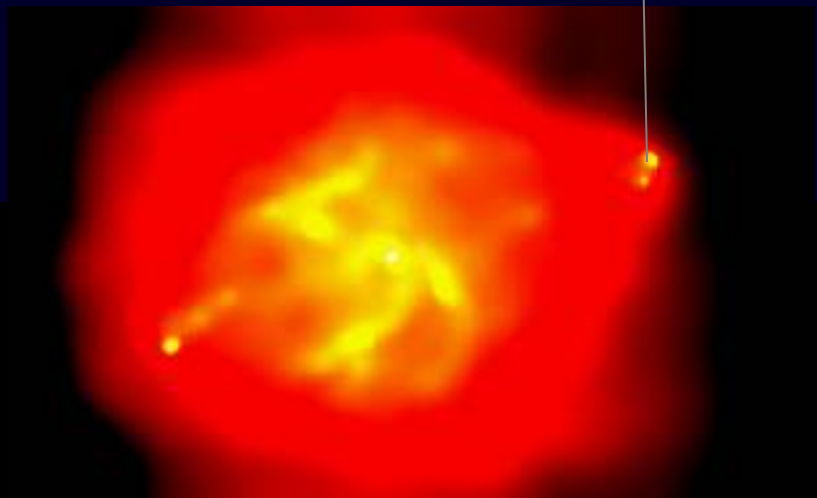
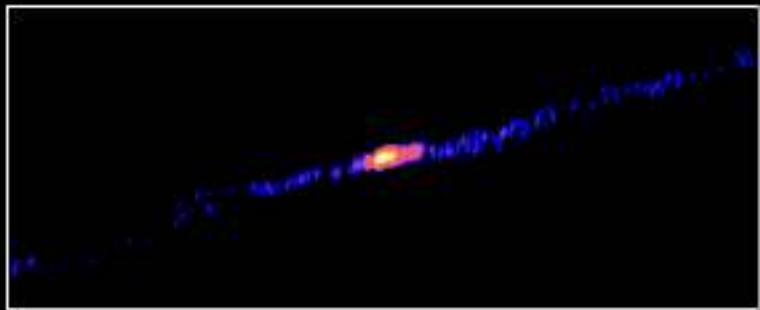
jądro

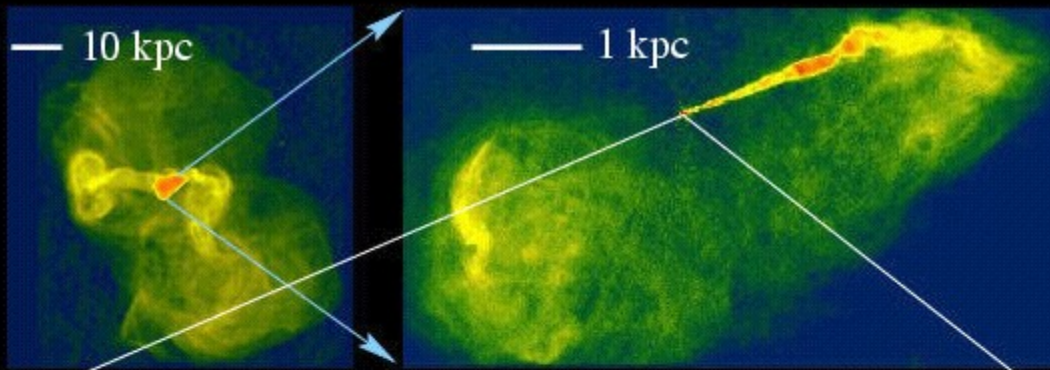
kontra dżet

płat

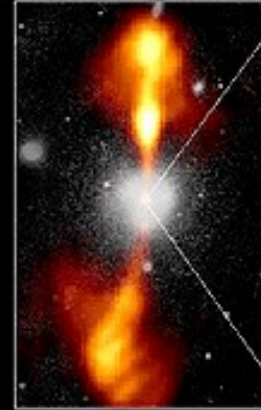
gorąca plama

galaktyka





Ground-based Optical/Radio Image



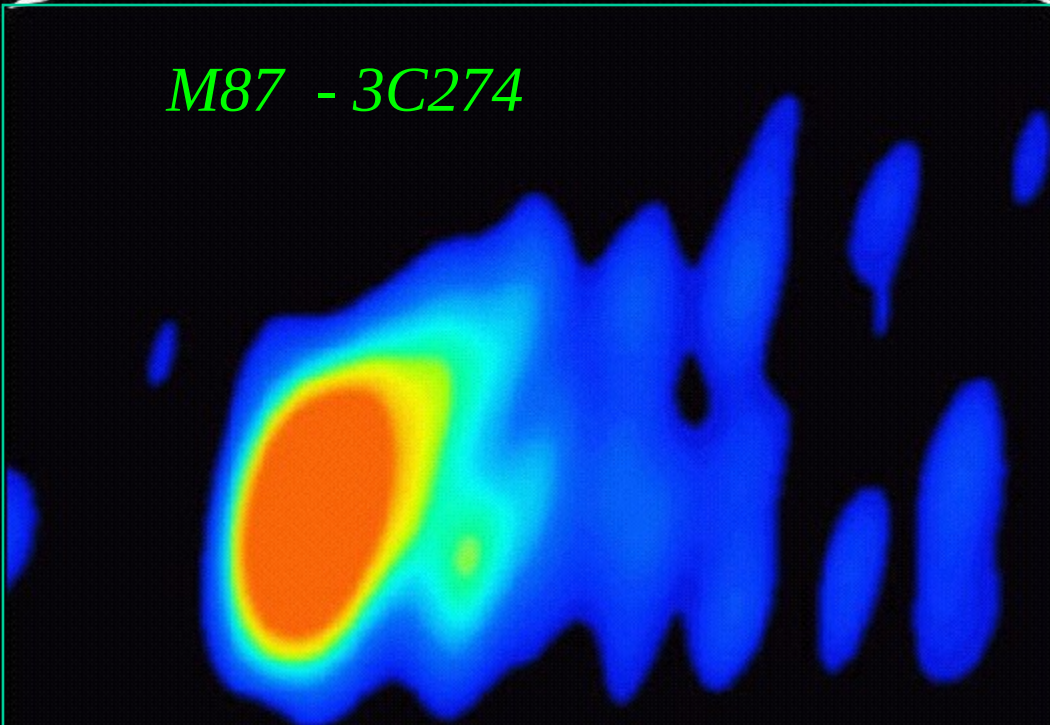
380 Arcseconds
88,000 Lightyears

HST Image of a Gas and Dust Disk

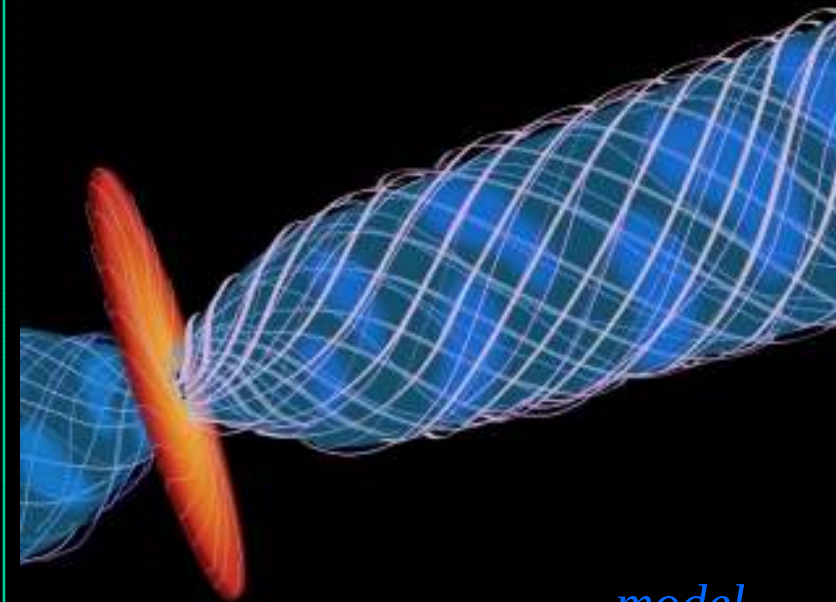


1.7 Arcseconds
400 Lightyears

M87 - 3C274



M87 dżet radiowy - obraz z VLBI

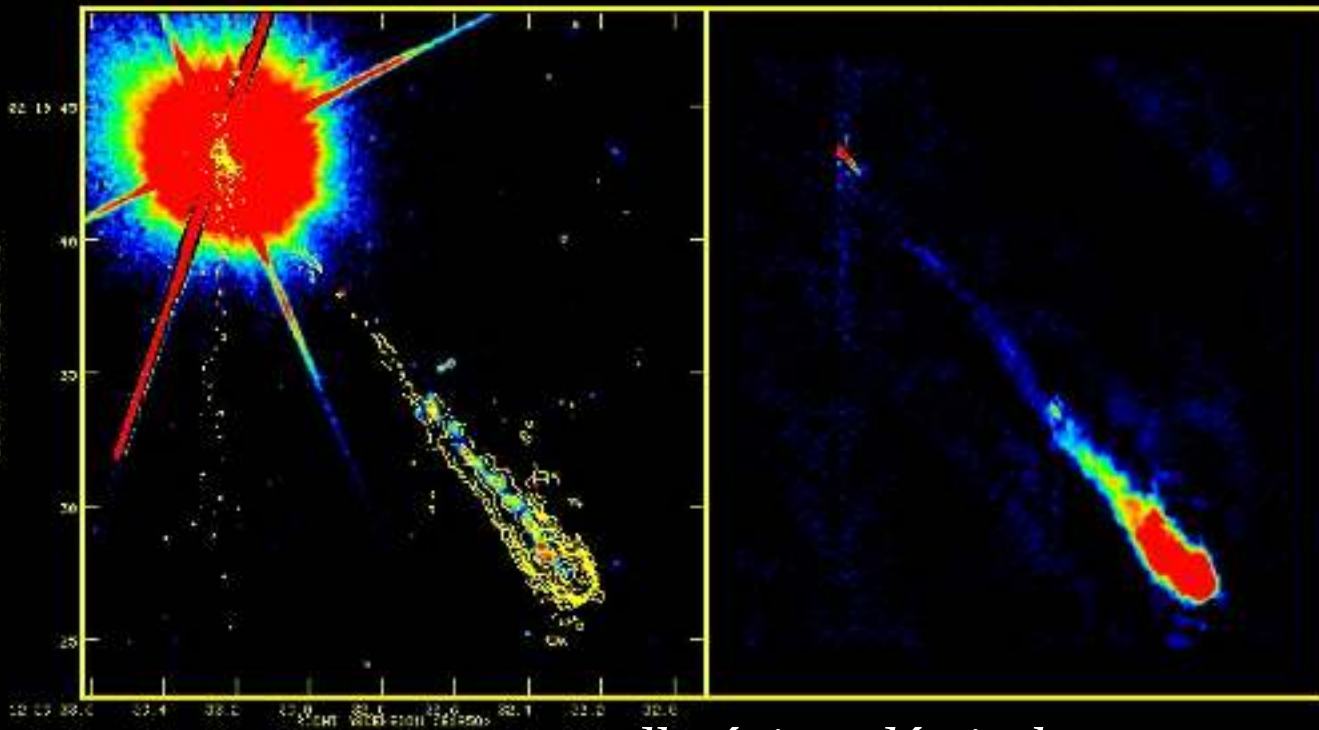


model

3C273

HST WFPC2 / MERLIN

MERLIN 18cm

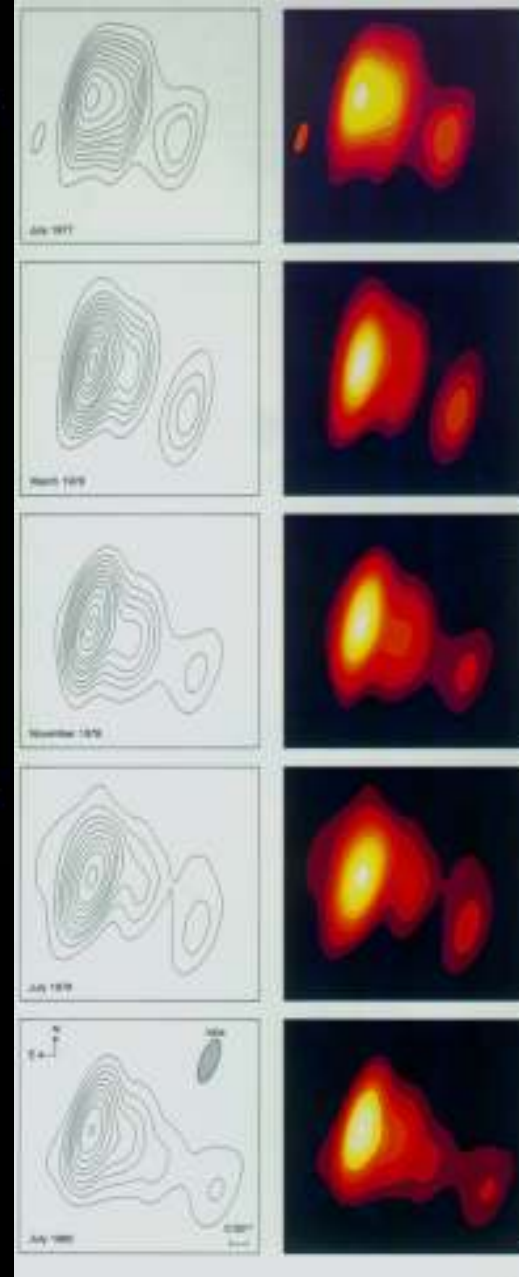
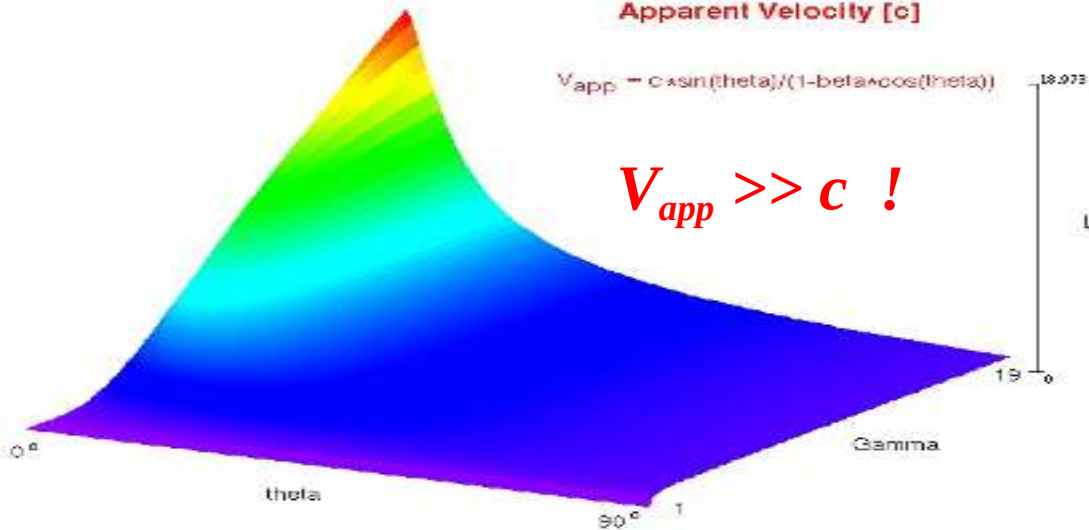


pozorne prędkości nadświatlne

Apparent Velocity [c]

$$V_{app} = c \sin(\theta) / (1 - \beta \cos(\theta))$$

$V_{app} \gg c !$



Czasowa ewolucja jądra 3C273
T.Pearson et al. CALTECH

VLBA 22 GHz Observations of 3C120

José-Luis Gómez

IAA (Spain)

Alan P. Marscher

BU (USA)

Antonio Alberdi

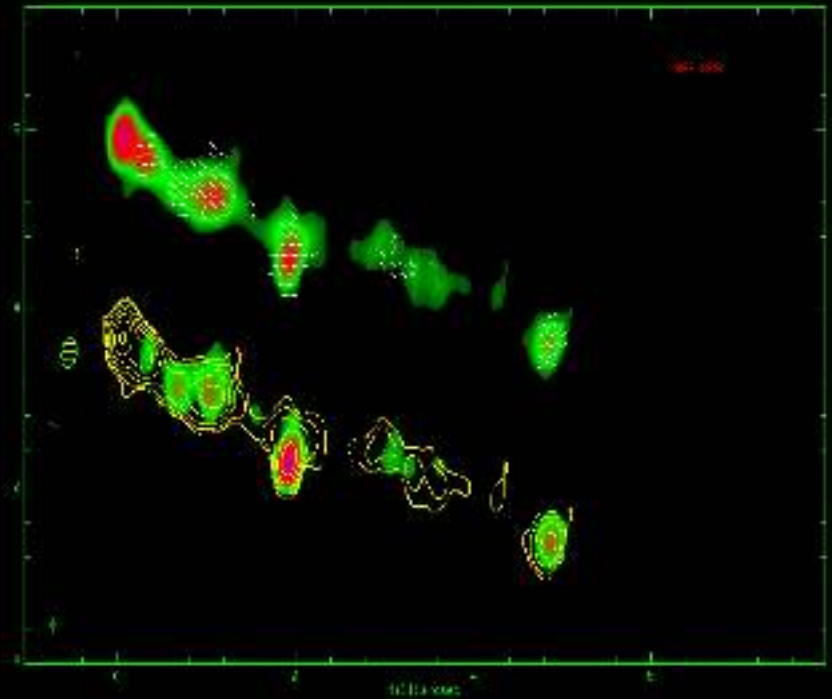
IAA (Spain)

Svetlana Marchenko-Jorstad

BU (USA)

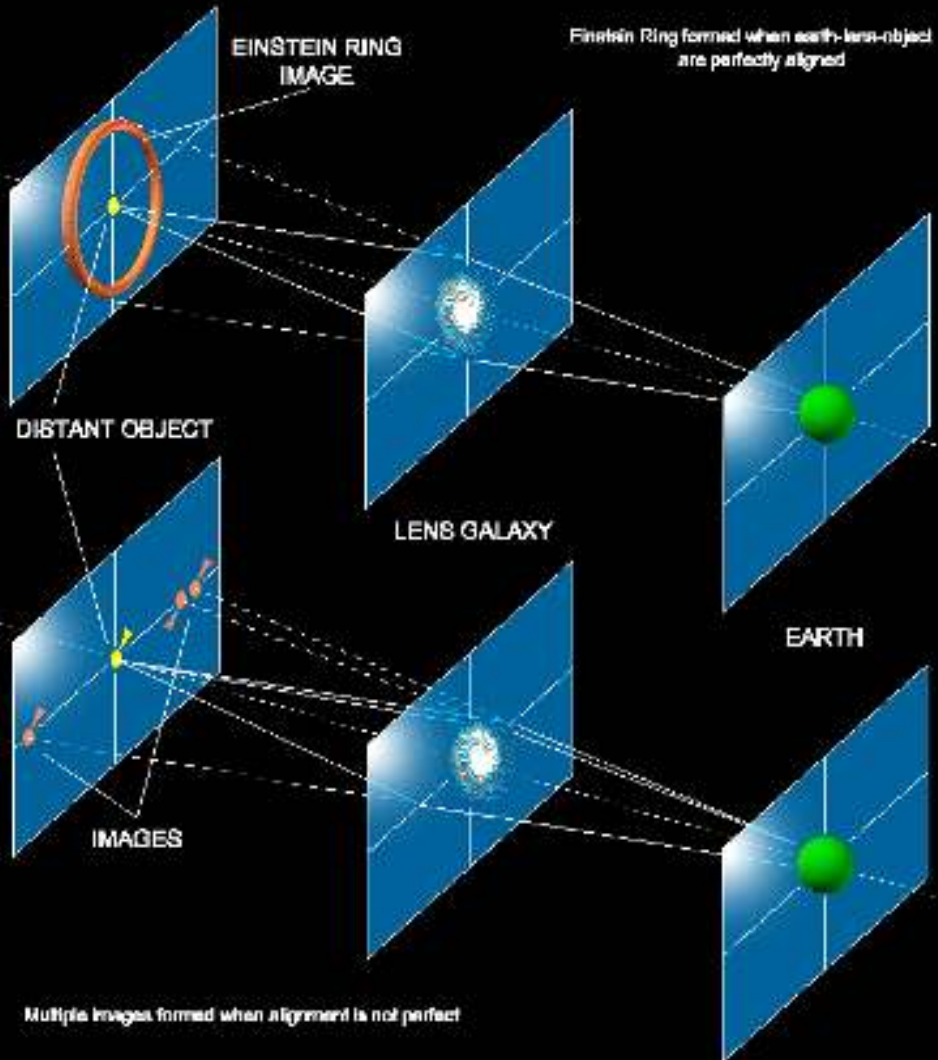
Cristina García-Miró

IAA (Spain)



SLM

Grawitacyjne soczewkowanie we Wszechświecie



Galaxy Cluster Abell 2218

NASA, A. Fruchter and the ERO Team (STScI, STScI, STScI, STScI, STScI, STScI)

HST • WFPC2

Obraz w świetle widzialnym



1938+666
pierścień Einsteina



Oraz radiowy z MERLIN-a

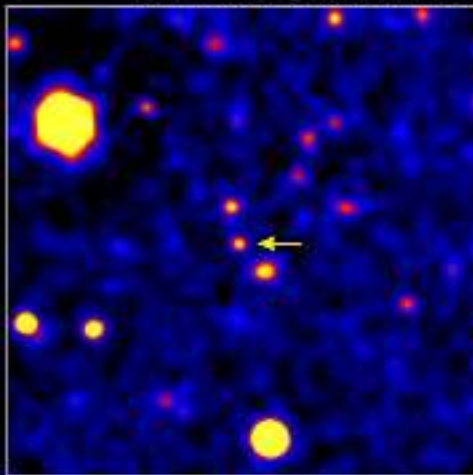
Winkilson and Browne of Jodrell Bank

Błyski Gamma

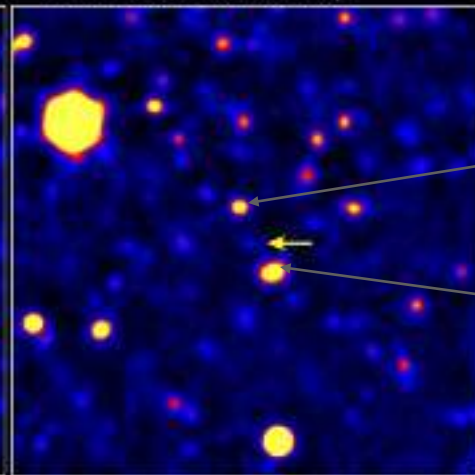
Radiowe obserwacje pomagają:

- zmierzyć dokładne pozycję
- badać ewolucję jasności
- zdefiniować klasę obiektu
- otrzymać obrazy o dużej rozdzielczości
- otrzymać informację o widmie

Gamma Ray Burst 971214 • W. M. Keck Observatory

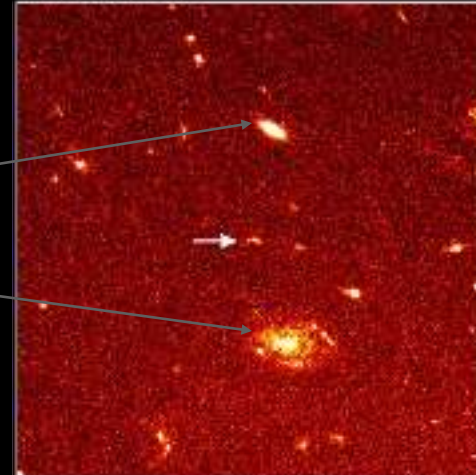


December 1997

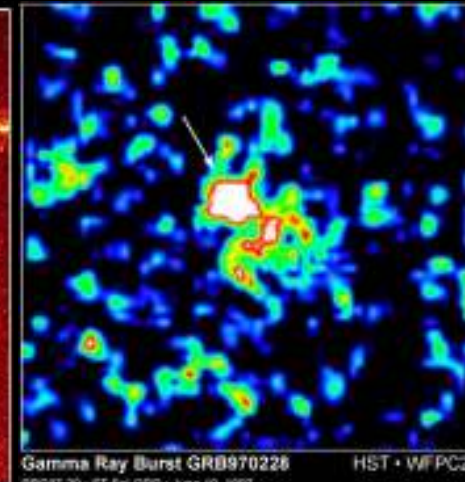


February 1998

PRC98-17b • May 7, 1998 • ST ScI OPO
S. G. Djorgovski and S. R. Kulkarni (Caltech),
the Caltech GRB Team and W. M. Keck Observatory



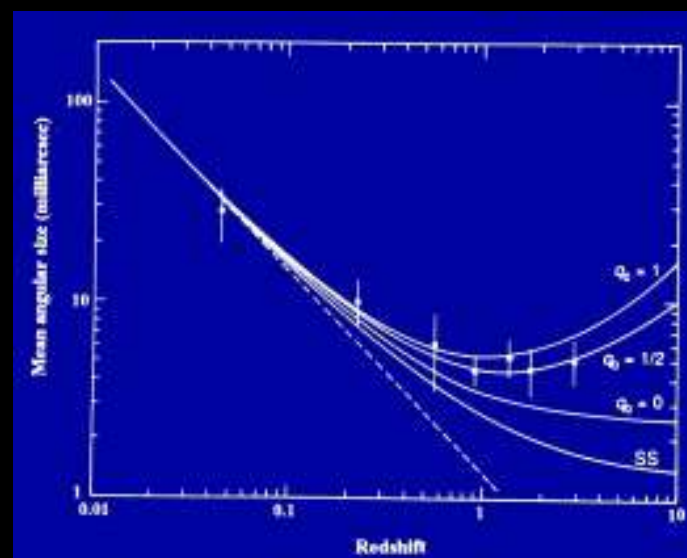
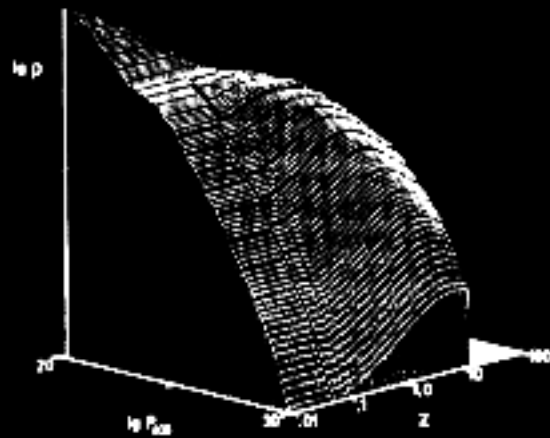
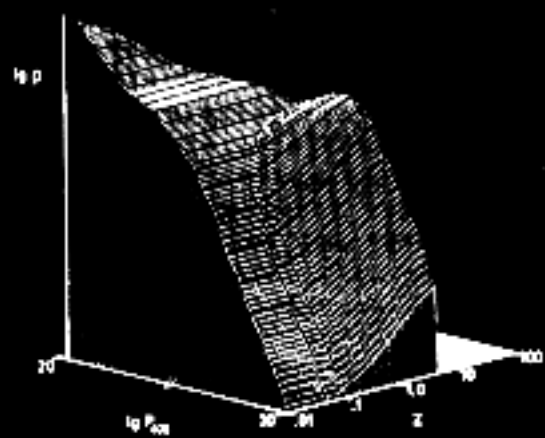
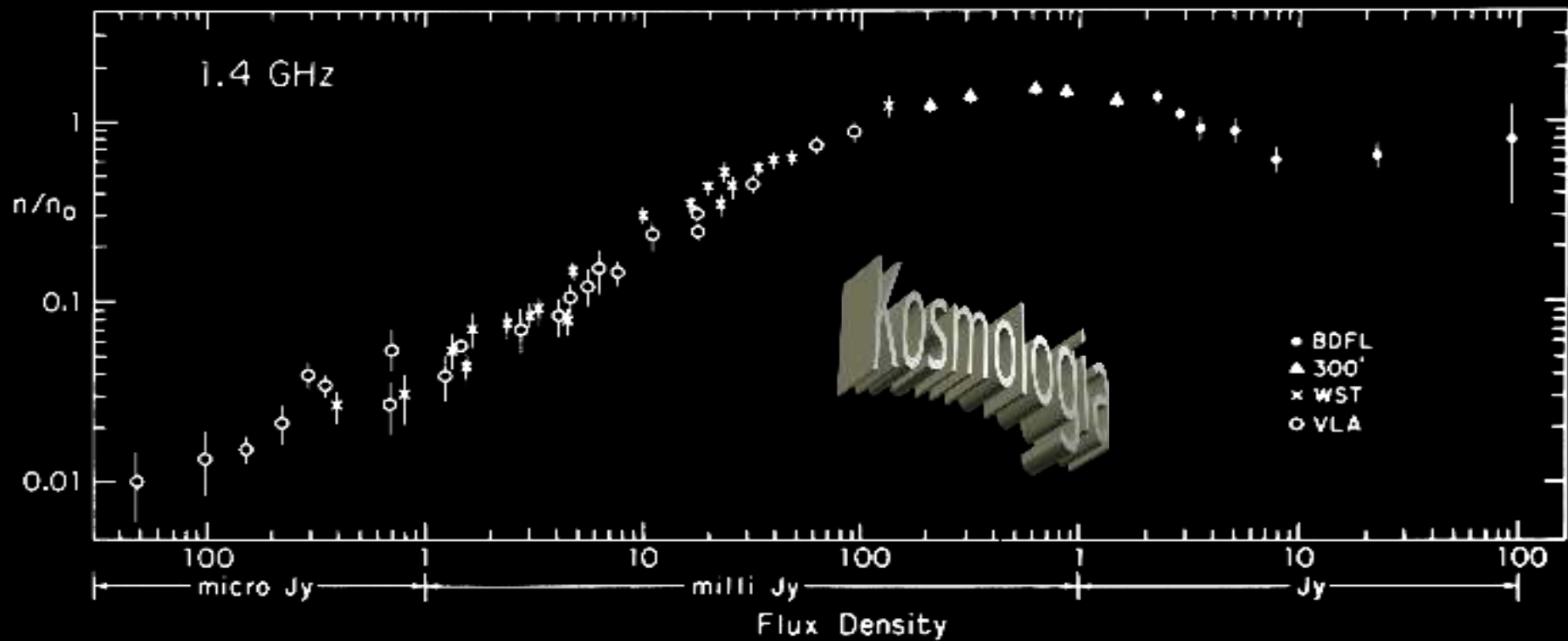
HST/STIS • February 1998



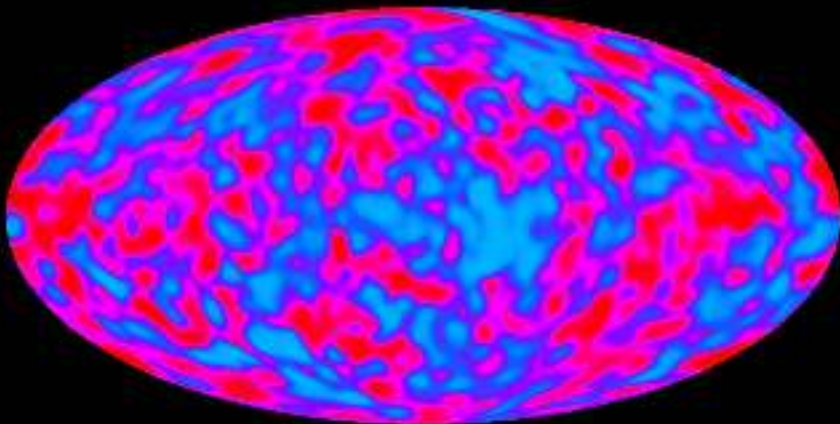
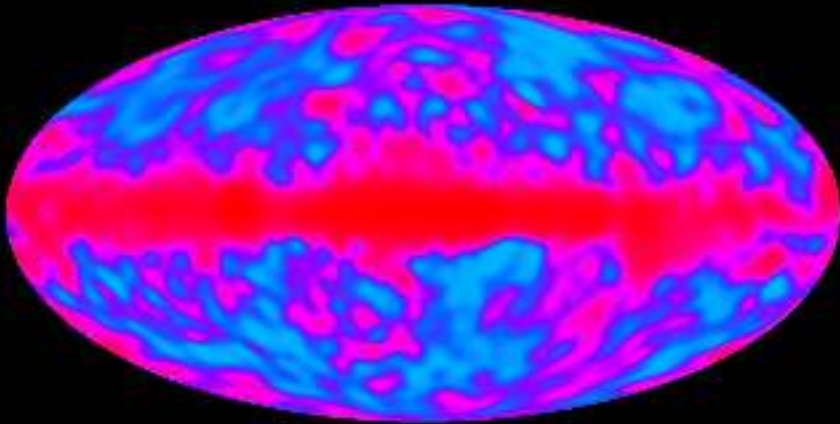
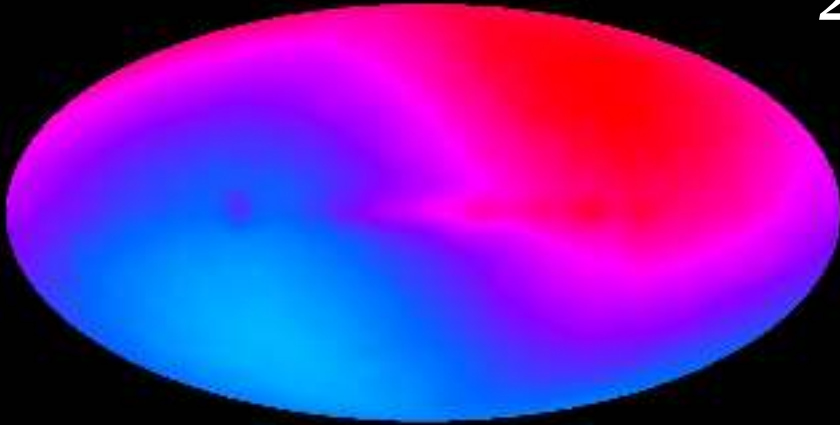
Gamma Ray Burst GRB970228

HST • WFPC2

PRC97-20 • ST ScI OPO • June 10, 1997
K. Gane, M. Livio, L. Piro, D. Macchetto and NASA

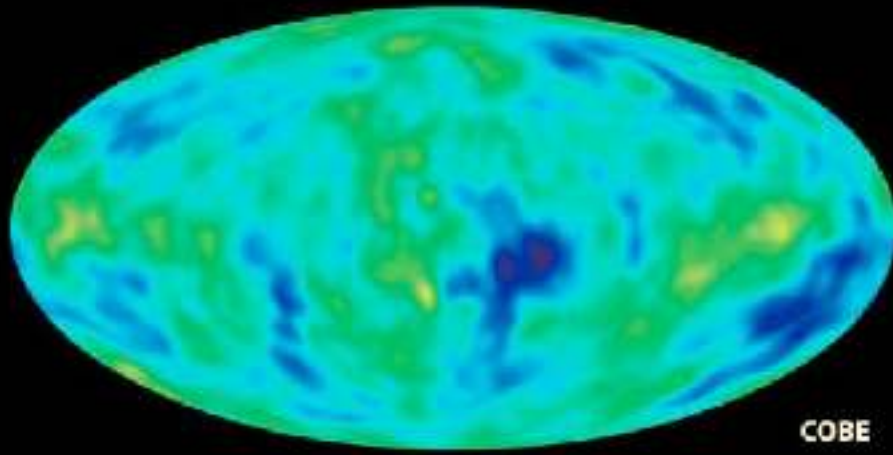


2.7 K CMB

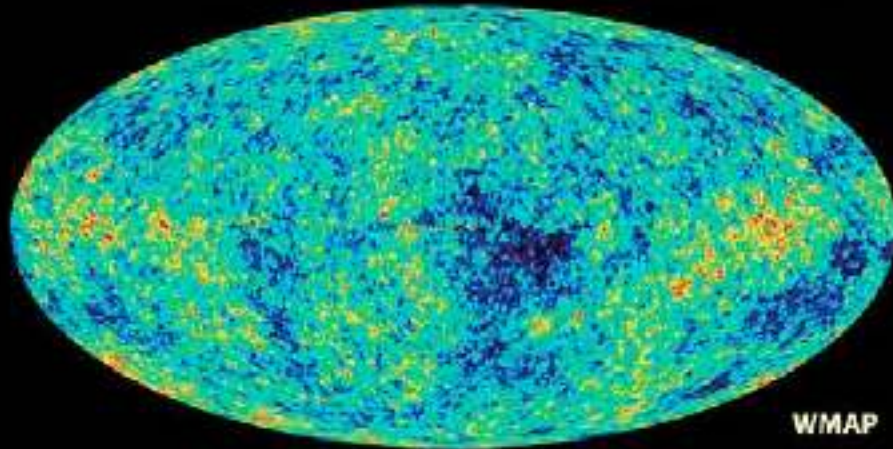


Big Bang !!!
i formowanie się galaktyk

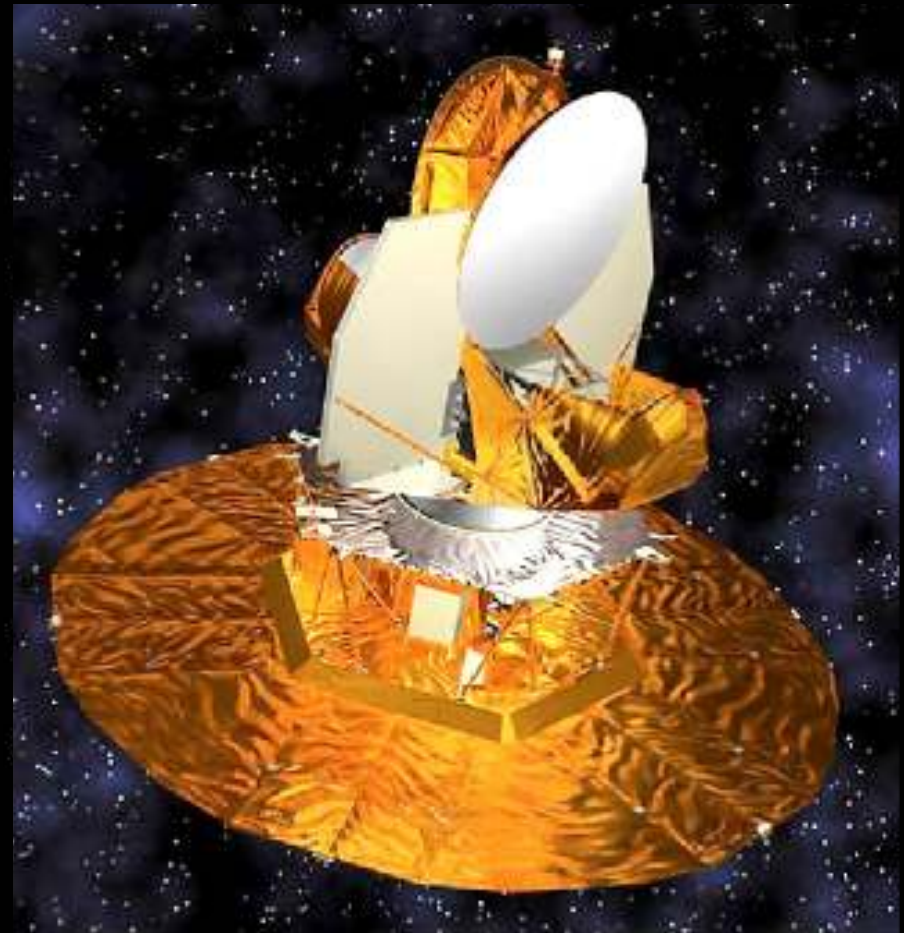
Pomiary anizotropii w różnych skalach



COBE



WMAP





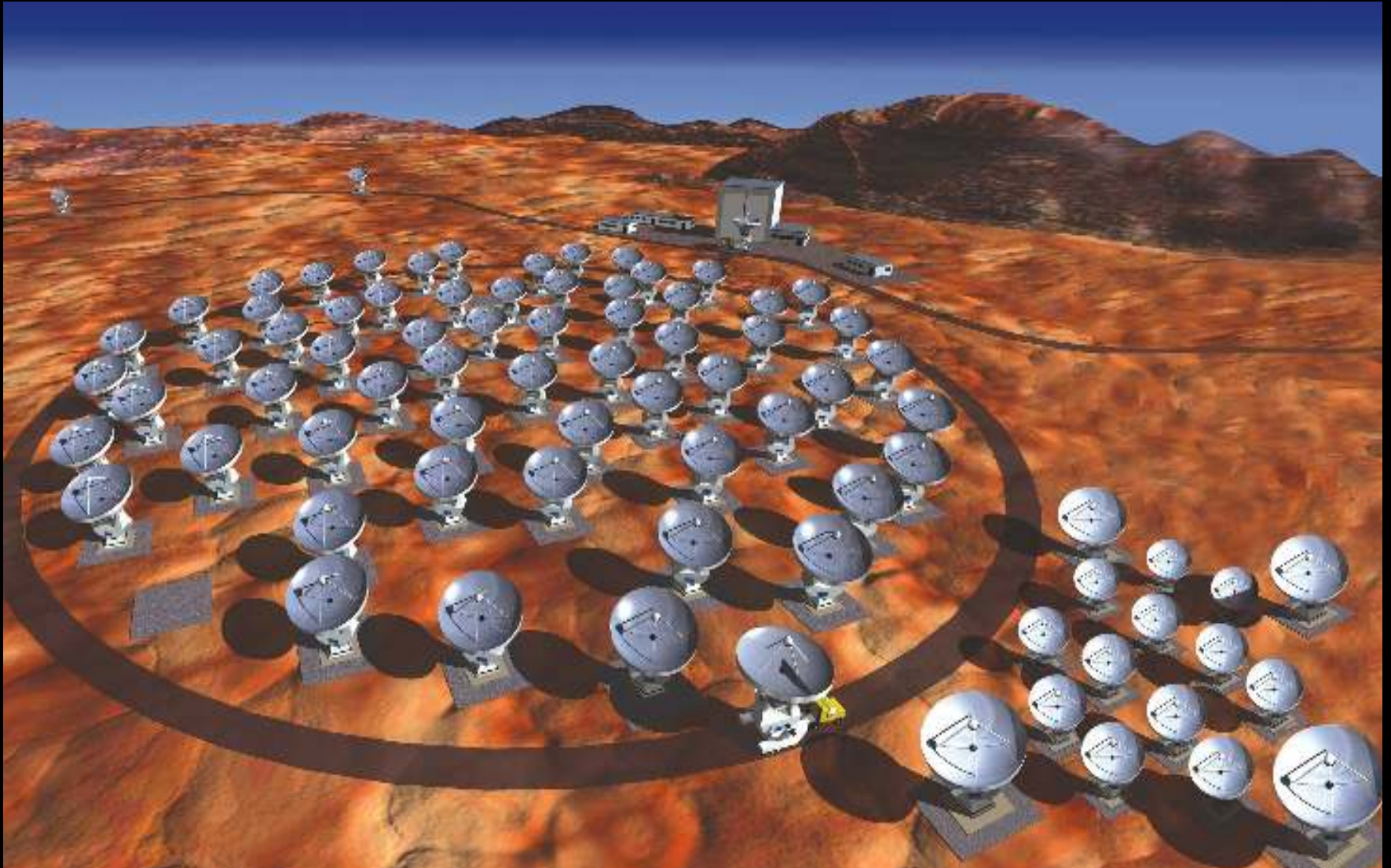
Dalszy postęp będzie możliwy jeśli :

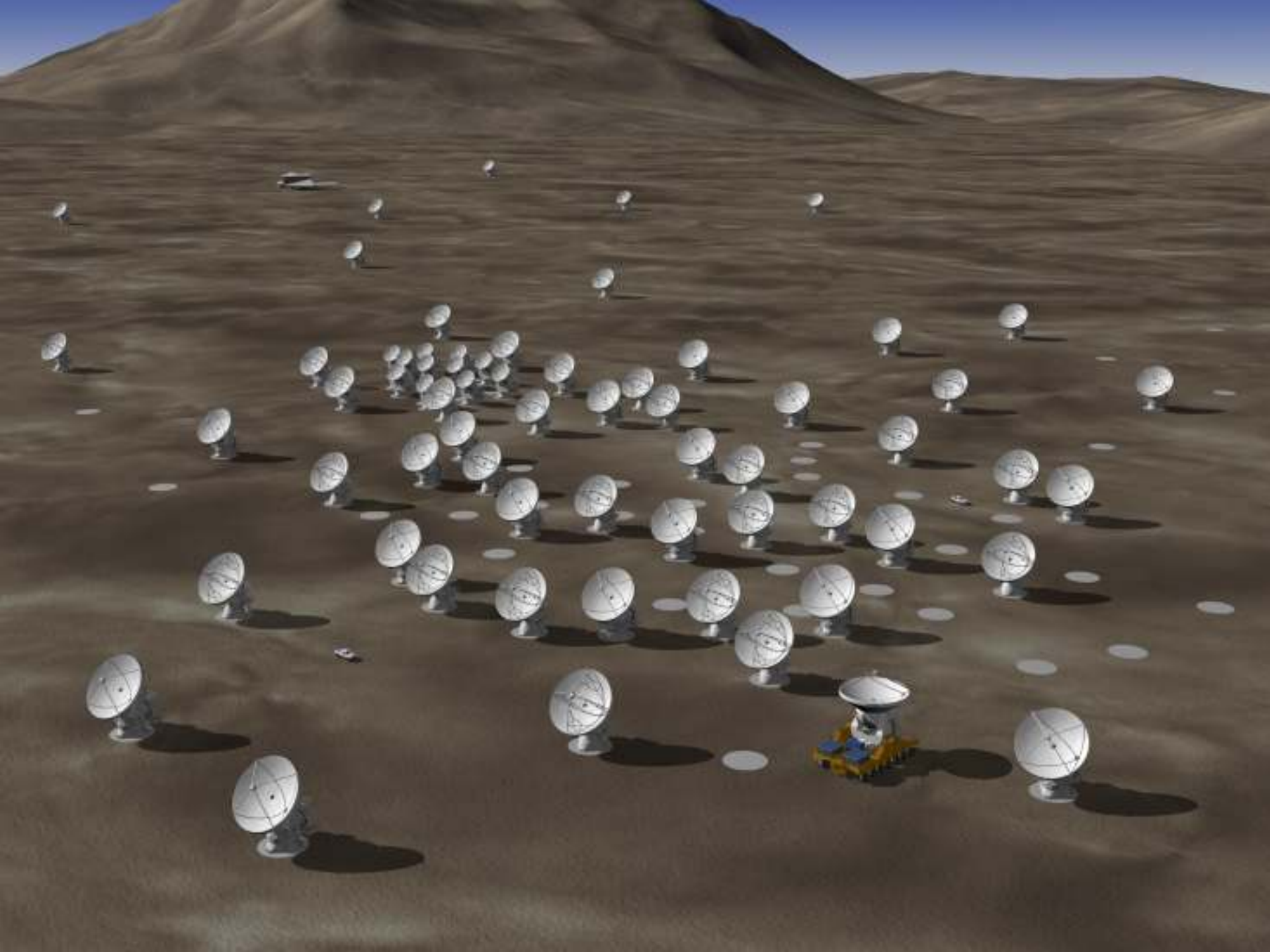
- poprawimy czułość -> SKA ($\times 100$)*
- poprawimy rozdzielczość kątową - VLBI*
- przejdziemy do innych pasm -> ALMA*
- znajdziemy nowe obszary badań*

Ale rośnie poziom zakłóceń radiowych !!!

ALMA - Atacama Large Millimeter Array

Współpraca międzynarodowa (ESO), USA, Japonia







Polski LOFAR - POLFAR



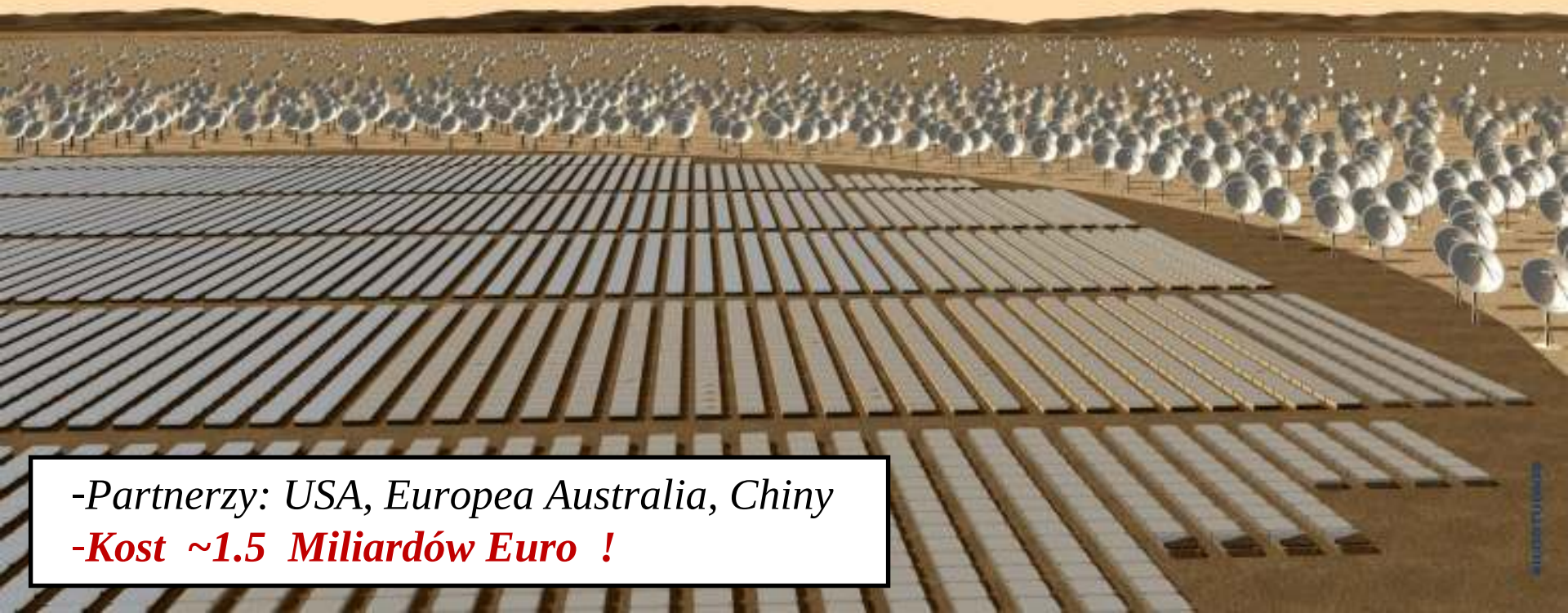
LBA

The Square Kilometre Array (2025)

1500 anten każda o średnicy 15m w części centralnej (5km) plus kolejne 1500 w grupach w odległości 5 km do 3000+ km

Podłączone do superkomputera – ultra szybkiego procesora danych – światłowodami

-Partnerzy: USA, Europa, Australia, Chiny
-Koszt ~1.5 Miliardów Euro !



Systemy sfazowanych anten: wiele wiązek

uniwersalność

Big Bang

Evolving galaxies

First astronomical objects

Probing the early Universe

Gravitational radiation

Pulsar

Adaptive nulling

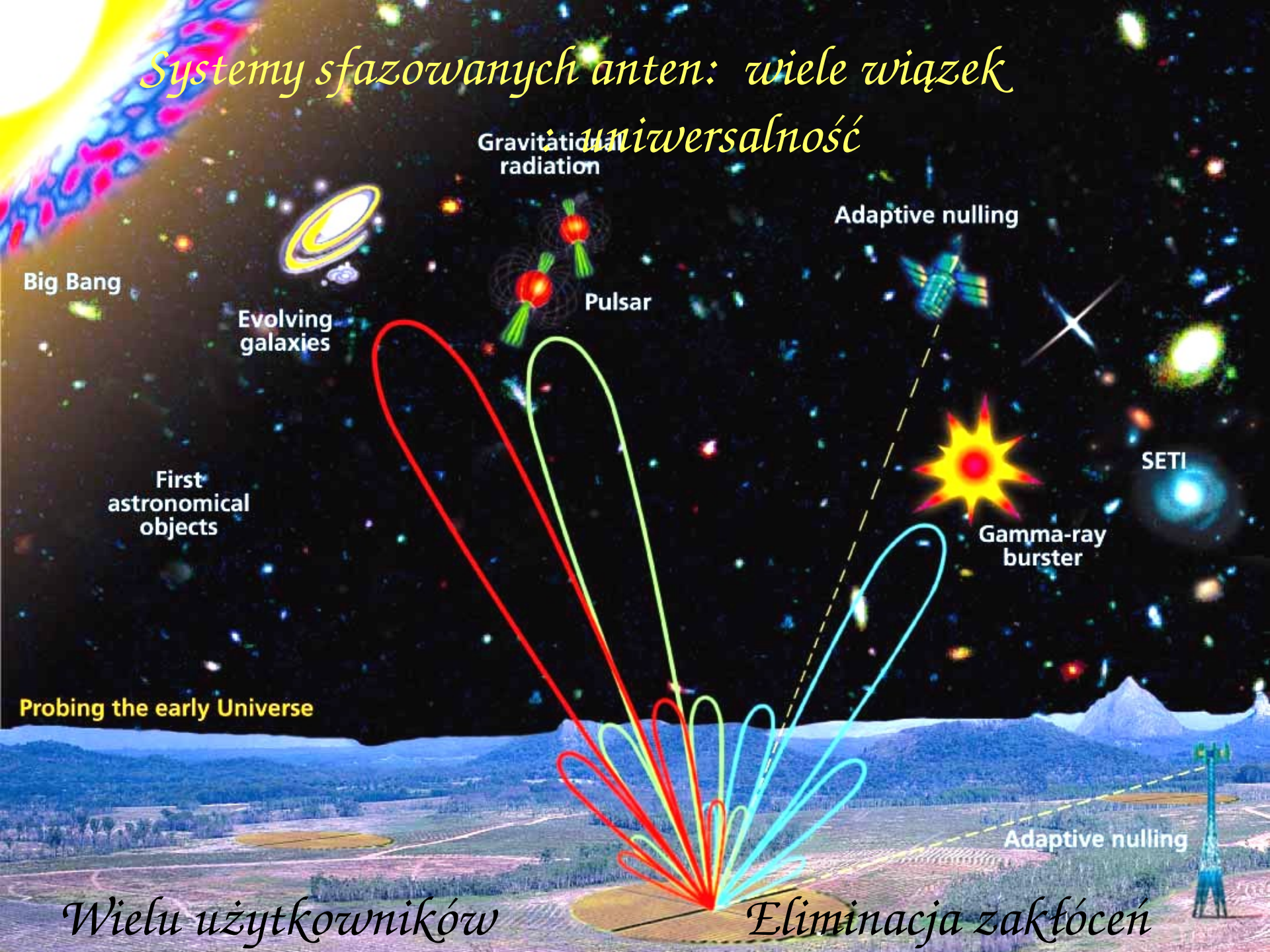
Gamma-ray burster

SETI

Adaptive nulling

Wielu użytkowników

Eliminacja zakłóceń



*Czy jest możliwy dalszy rozwój
badań radioastronomicznych w Polsce ?*

*Polska nie uczestniczy w tworzeniu nowych
światowych projektów takich jak ALMA i
SKA*

NIE POSIADA

- odpowiednich środków finansowych*
- zaplecza technologicznego*
- wyspecjalizowanych zespołów*

*pomimo tych niedostatków ma jednak nadzwyczaj
dobrą pozycję w VLBI*

Polityka rozwoju naukowego Polski

Czy integrować się z nauką światową i pominąć rozwój bazy instrumentalnej w kraju ?

W jakich obszarach badań inwestujemy ?

W jakich dziedzinach nauka uprawiana w Polsce ma szanse wygrywania w silnej międzynarodowej konkurencji ?

Czy mamy szanse na budowę instrumentów astronomicznych w naszym kraju ?

Proponujemy budowę dużego (90+ m) radioteleskopu i stworzenie wokół niego nowoczesnego ośrodka badawczego

Projekt utworzenia NCR / KCIK i budowy 90+ m radioteleskopu

- *Jeśli mamy ambicje posiadania na swoim terytorium astronomicznego instrumentu badawczego na poziomie światowym, będącego zarazem integralną częścią europejskiej i światowej infrastruktury nauki, to z pewnością jest to możliwe w dziedzinie radioastronomii*
- *W badaniach radioastronomicznych jesteśmy silni, mamy własny potencjał i realny wpływ na rozwój dziedziny*
- *Jest szansa utworzenia nowoczesnego ośrodka badawczego w skali dotychczas nie zrealizowanej w naszym kraju (NCRiIK, KCIK)*
- *RT90+ z pewnością będzie ważnym (kluczowym) elementem europejskiej infrastruktury badawczej*

Konsorcjum „Narodowe Centrum Radioastronomii i Inżynierii Kosmicznej”

utworzono 28 sierpnia 2012,

uroczyste podpisanie umowy konsorcyjnej 6 listopada 2012

partnerzy

- 1. Uniwersytet Mikołaja Kopernika (główny koordynator)*
- 2. Politechnika Gdańska (współ-koordynator)*
- 3. Wojskowa Akademia Techniczna - Warszawa*
- 4. Centrum Badań Kosmicznych PAN - Warszawa*
- 5. Uniwersytet Jagielloński*
- 6. Uniwersytet Zielonogórski*
- 7. Centrum Astronomiczne im. M. Kopernika PAN - Warszawa*
- 8. Instytut Chemii Bioorganicznej PAN – Poznań (PCSS)*
- 9. Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy - Bydgoszcz*

Postanowienia ogólne

1. Strony niniejszej umowy powołują konsorcjum pod roboczą nazwą „**Narodowe Centrum Radioastronomii i Inżynierii Kosmicznej**” (zwane „Konsorcjum” w dalszej części niniejszej umowy), którego podstawowymi narzędziami badawczymi będą: radioteleskop RT90+ (o średnicy czaszy co najmniej 90 metrów i o wstępnej lokalizacji w Gminie Osie), oraz bazy laboratoryjne przy Uniwersytecie Mikołaja Kopernika (Narodowe Centrum Radioastronomii - NCR) i Politechnice Gdańskiej (Krajowe Centrum Inżynierii Kosmicznej - KCIK).

Cele Konsorcjum

Przedmiot działalności Konsorcjum obejmuje:

1. Połączenie potencjału naukowego i technicznego instytucji członkowskich Konsorcjum dla realizacji zadań badawczych, rozwojowych i technologicznych w dziedzinach nauk technicznych, eksploracji kosmosu, transferu i przetwarzania danych oraz radioastronomii.
2. Wspólne pozyskiwanie środków finansowych na realizację przedmiotu działania Konsorcjum.
3. Stworzenie zasad powołania i funkcjonowania NCR i KCIK.
4. Koordynacja prac projektowych i realizacja budowy radioteleskopu RT90+ i obiektów towarzyszących.
5. Zaprojektowanie, budowa i uruchomienie aparatury naukowej stanowiącej wyposażenie radioteleskopu RT90+ (realizacja głównie przez UMK, PG, WAT, CBK).
6. Koordynacja i prowadzenie badań naukowych przy pomocy radioteleskopu RT90+ i bazy laboratoryjnej.
7. Podłączenie radioteleskopu RT90+ do sieci krajowej PIONIER.
8. Badania i analiza wykorzystania zaawansowanych mocy obliczeniowych do wsparcia procesu badań naukowych wykonywanych przez Konsorcjum.
9. Kształcenie i rozwój kadry naukowej.

Rada Konsorcjum

1.Prof. dr hab. Włodzisław Duch, prorektor UMK, (Przewodniczący)

2.Prof. dr hab. inż. Ryszard Katulski, PG

3.Prof. dr hab. Marek Sarna, dyrektor CAMK PAN

4.Prof. dr hab. Janusz Gil, prorektor UZ

5.Dr hab. inż. Mariusz Figurski, prof. WAT, prorektor WAT

6.Dr hab. inż. Dariusz Boroński, prof. UTP, prorektor UTP

7.Dr hab. Hanna Rothkaehl, prof. CBK, CBK

8.Dr hab. Krzysztof Chyży, UJ

9.Dr Maciej Stroiński, PCSS

10.Prof. dr hab. Andrzej Kus – UMK, Dyrektor Konsorcjum

11.Prof. dr hab. inż. Zbigniew Sikora – PG,

Zastępca Dyrektora Konsorcjum

Inauguracyjne posiedzenie Rady 26.04.20013 Toruń

Nowy duży radioteleskop - parametry główne założenia

- 1. Średnica 90+ m (symetryczna paraboloida, homologia)*
- 2. System Cassegrain'a typu **R-C** (f/D i D/d jak dla **RT4**)*
- 3. Zakres ruchu: Wysokość < 10-90>; Az. < +/- 270 deg.>*
- 4. Zakres częstotliwości 0.1 - 22 GHz (max do 30 GHz)*
- 5. Pasmo całkowite 20 GHz (w ~4-10 podpasmach)*
- 6. Wielowiązkowy system <50 – 100 > (**FARADAY, APRICOT**)*
- 7. Cyfrowe, ogólnego zastosowania back-ends (**UNIBOARD**)*
- 8. Połączenie światłowodowe, szerokie pasmo (**PIONIER**)*
- 9. Zdalne sterowanie i funkcjonowanie*
- 10. Minimalizacja kosztów utrzymania*

Nowy duży radioteleskop - parametry

- 1. Średnica 90+ m (symetryczna paraboloida)*
- 2. System Cassegrain'a typu **R-C** (f/D i D/d jak dla **RT4**)*
- 3. Zakres ruchu: Wysokość < 20-90>; Az. < +/- 270 deg.>*
- 4. Zakres częstotliwości 0.1 - 22 GHz (max 30 GHz)*
- 5. Pasmo całkowite 16 GHz (w ~4-8 podpasmach)*
- 6. Wielowiązkowy system <50 – 100 > (**APRICOT FP7**)*
- 7. Cyfrowe, ogólnego zastosowania back-ends (**UNIBOARD FP7**)*
- 8. Połączenie światłowodowe, szerokie pasmo (**PIONIER**)*
- 9. Zdalne sterowanie i funkcjonowanie*
- 10. Minimalizacja kosztów utrzymania*

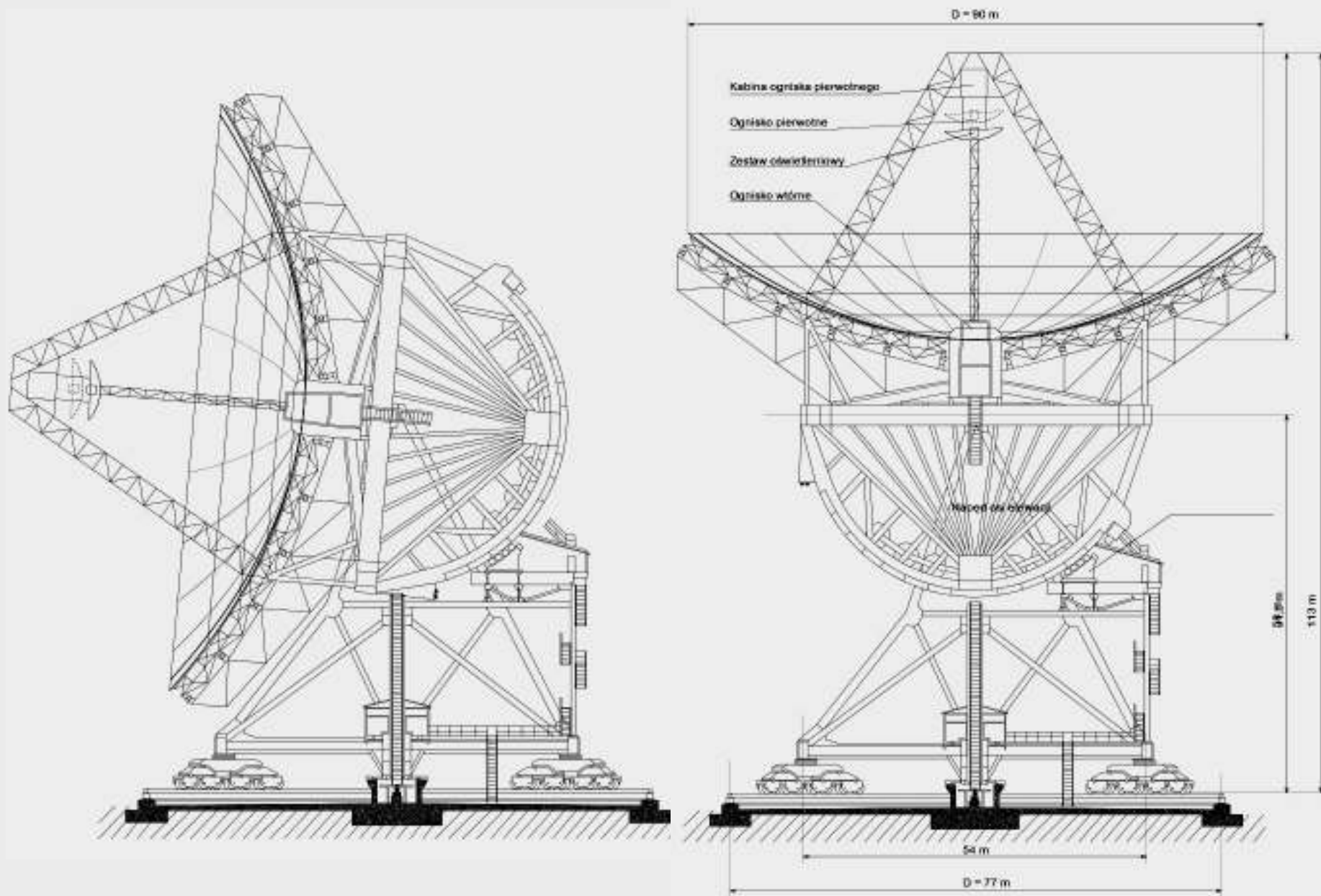
Badania => instrument do przeglądów nieba („Radiowe OGLE”)

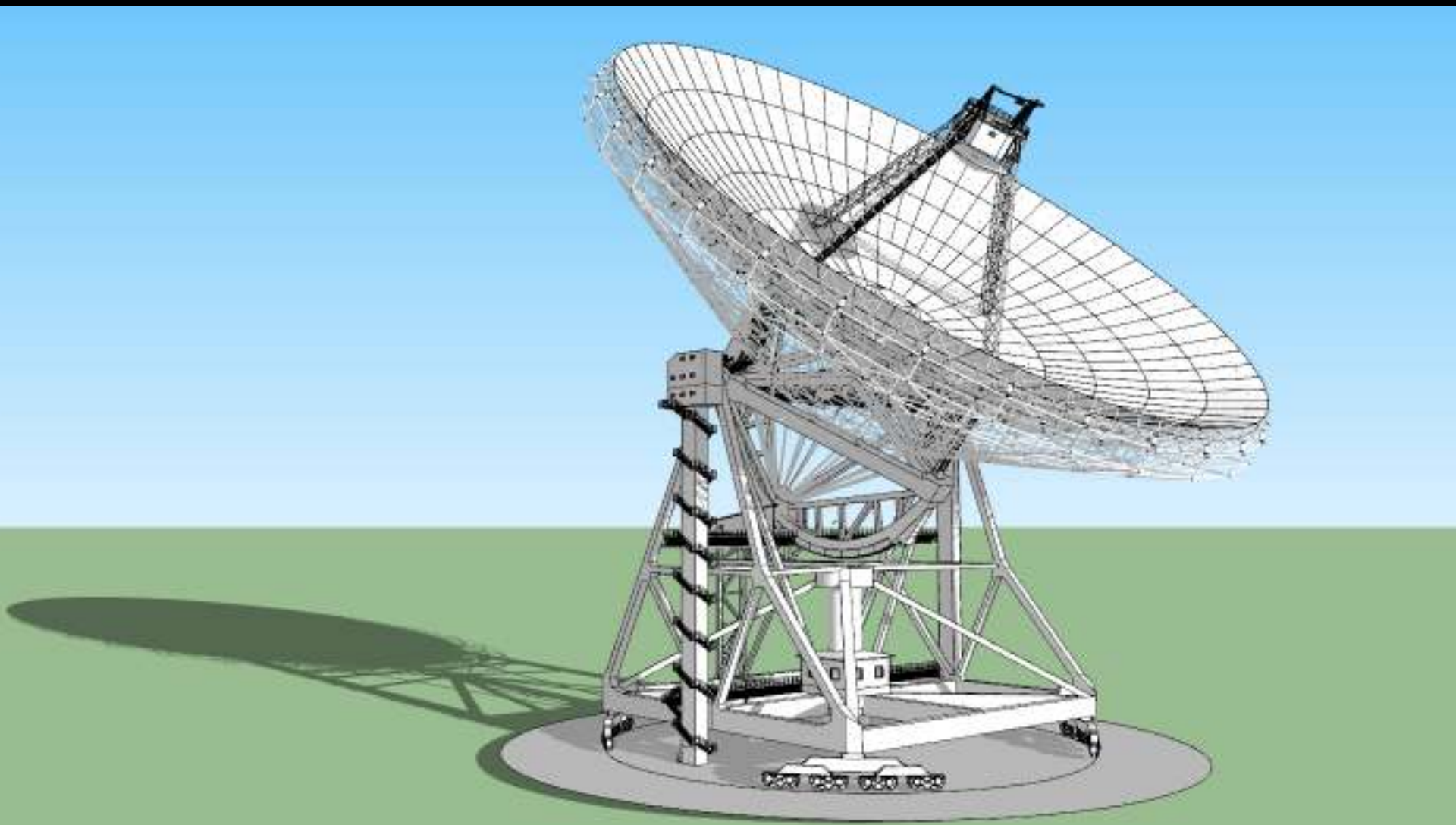
Wymagania dotyczące lokalizacji

Niski poziom RFI, strefa ochronna

Proponowana lokalizacja – Bory Tucholskie

*Wstępna koncepcja RT90+ jest wzorowana na opracowaniu
inż. Zygmunta Bujakowskiego RT70*





Komputerowy model 3D anteny RTR90+ (D=110m)



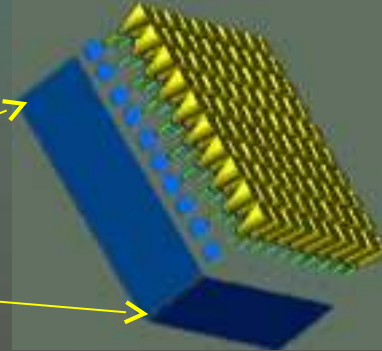
Porównanie rozmiarów RT110 z budowlami starego Torunia



Porównanie rozmiarów RT10 z budynkami centrum Warszawy

RadioNet

FP 5,6,7 R&D FARADAY, PHAROS, APRICOT



*design study & sub-system prototyping for future
large radio cameras on large telescopes*

*Ultra szeroko pasmowe, super czułe odbiorniki,
duże pole „widzenia”, instrument do detekcji niezwykle słabszych
sygnałów radiowych, radiowe przeglądy nieba, systematyczne
monitorowanie*



*Matryca odbiorcza OCRA
RT4, na pasmo 30 GHz*



OCRA-f cryostat

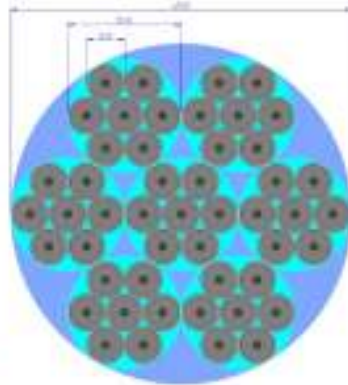
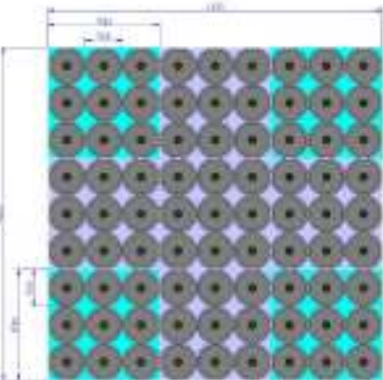
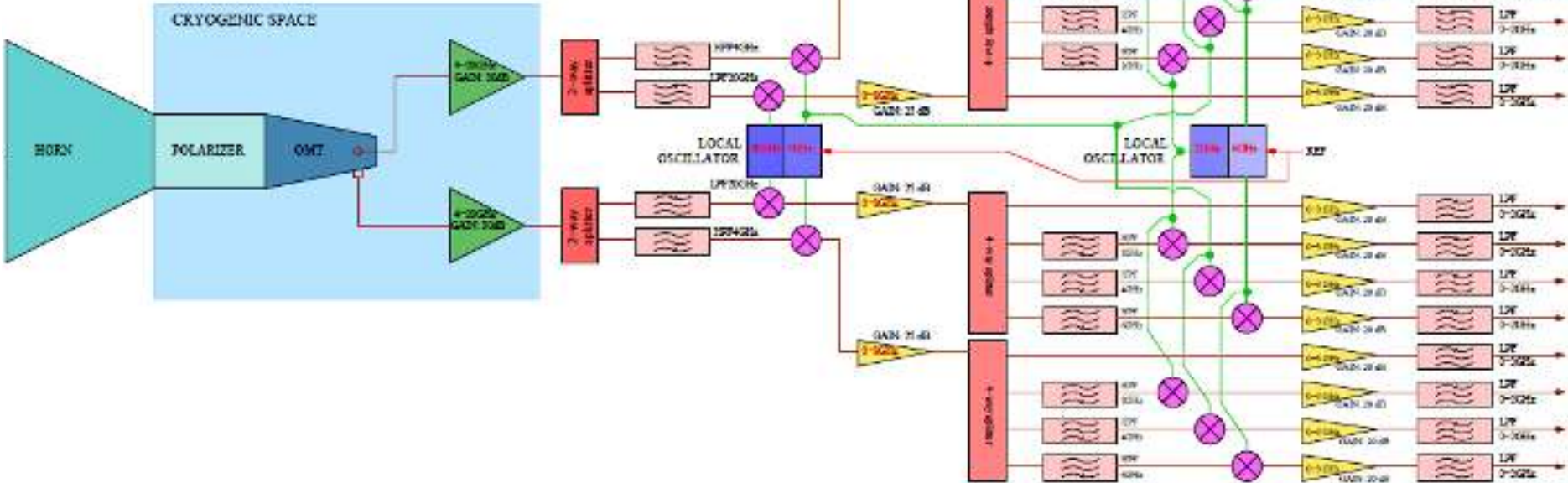


Projekty systemów odbiorczych i cyfrowych back-end'ów FPGA

RT-5 single feed receiver schematic

Section 1

LFF - Low Pass Filter
HPF - High Pass Filter
BPF - Band Pass Filter
OMT - Ortho Mode Transducer



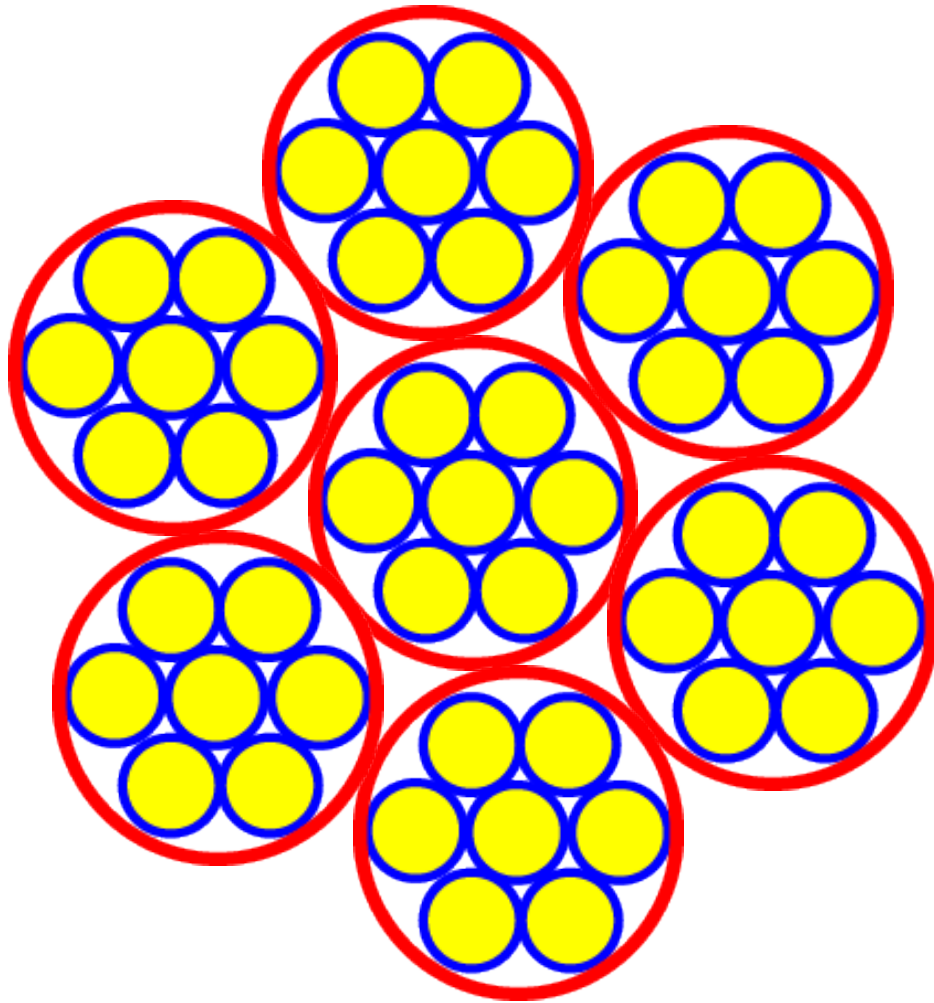
BW 5-21 GHz
POL LHC & RHC
Sub-Bands 2 GHz

Digital Back-ends FPGA

Radiometria
Polarymetria
Spektroskopia
PSR-y
Rozbłyski

Równocześnie !

41 wyjść \times 2 pol \times
16 (1 GHz) pod-pasm=>
1312 kanałów z \sim 1 kHz
rezdzielczością
surowe dane \sim 5 TB/s



-1,5 m

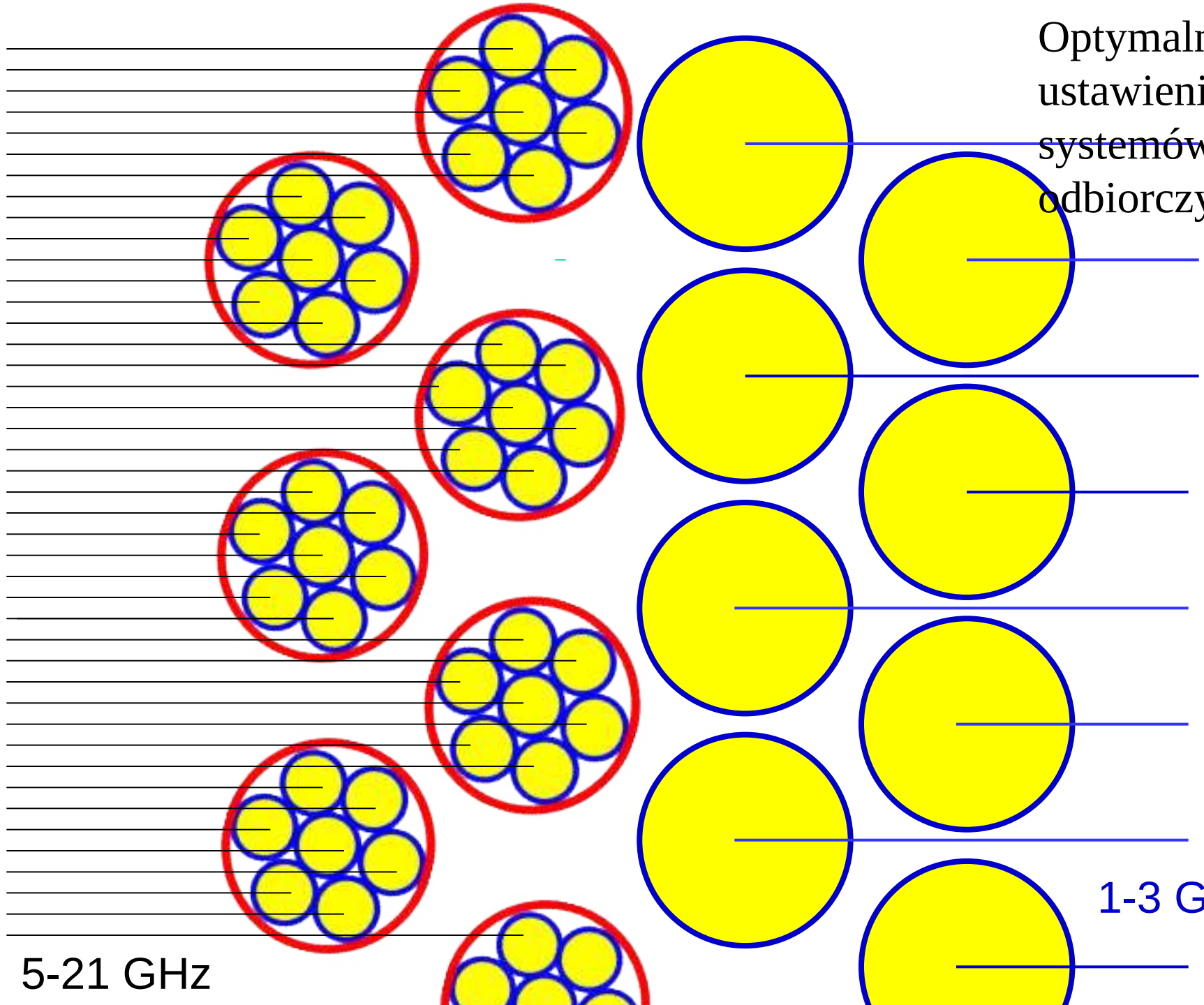
0

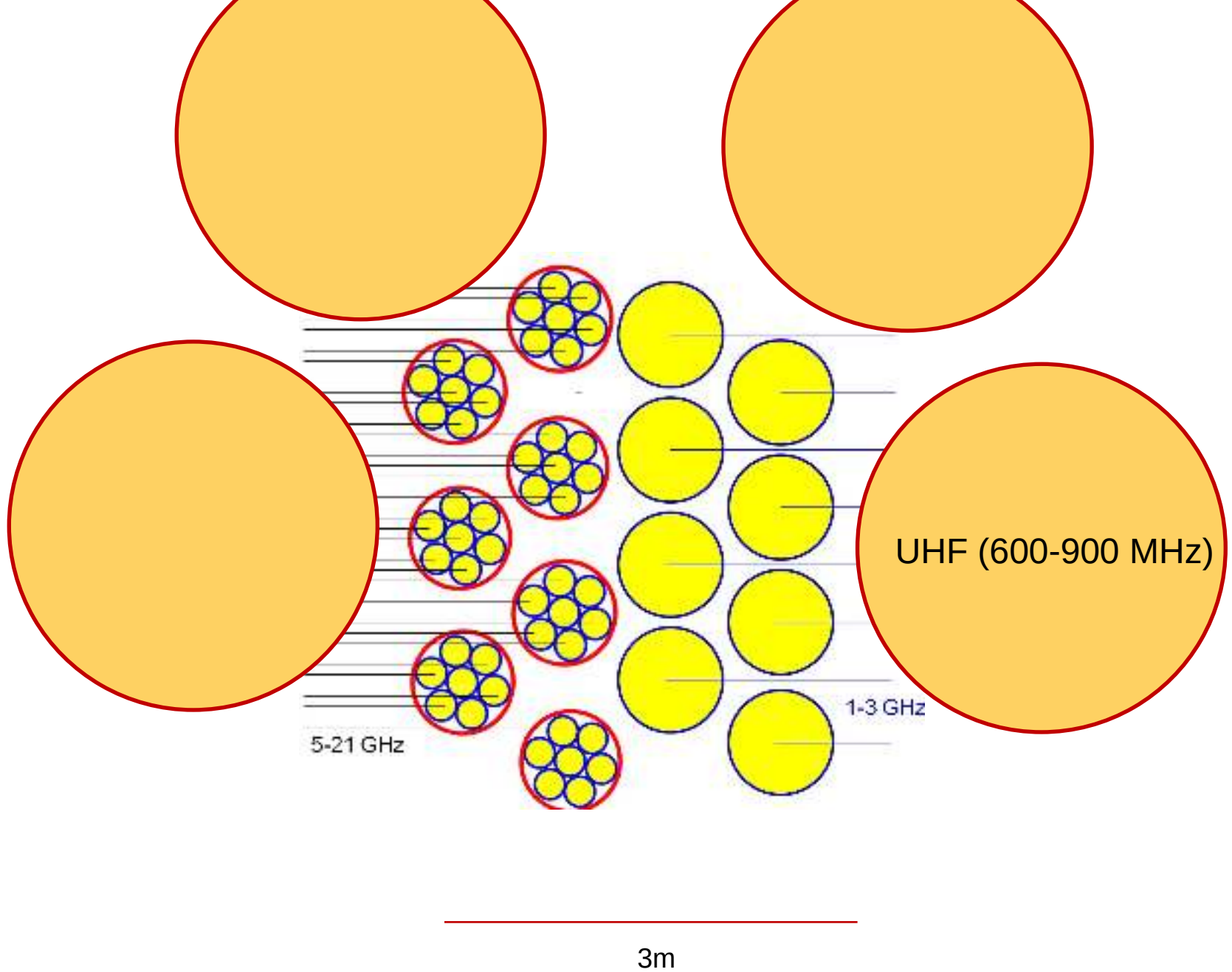
+1,5m

Optymalne
ustawienie
systemów
odbiorczych

5-21 GHz

1-3 GHz





Oczekiwane czułości RT90+

System	pasmo [GHz]	wiązka anteny [minuty kątowe]	czas integracji [sek]	czułość RMS [mJy]
--------	----------------	----------------------------------	--------------------------	----------------------

Radiometr szerokopasmowy, antena zatrzymana - dryfowanie nieba

HF	5-21	1	4/cos(DEC)	0,12
-----------	-------------	----------	-------------------	-------------

LF	1-3	8	32/cos(DEC)	0,10
-----------	------------	----------	--------------------	-------------

Radiometr szerokopasmowy, procedura śledzenia

HF	5-21	1	60	0,03
-----------	-------------	----------	-----------	-------------

LF	1-3	8	60	0,07
-----------	------------	----------	-----------	-------------

Przyjęto: czułość anteny 1 K/Jy, pełną szerokość pasma, $T_{sys} = 30K$

Programy badawcze

*VLBI (interferometria, EVN)
Pojedynczy teleskop*

An RTH Legacy project: "2CMS
the 2-Centimetre Million Source su

Badania pozagalaktyczne

Źródła tła

Gromady galaktyk

AGN-y

Normalne galaktyki

Ośrodek międzygalaktyczny

Astronomia galaktyczna

Pulsary

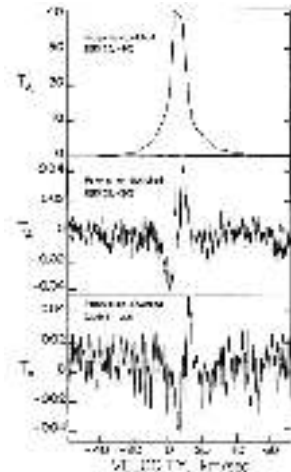
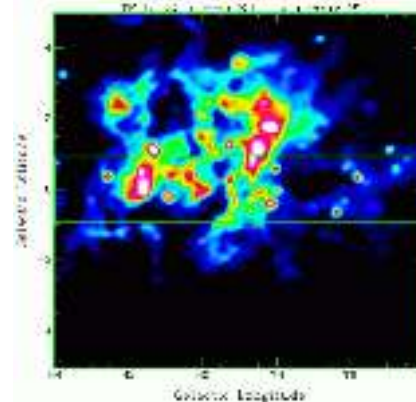
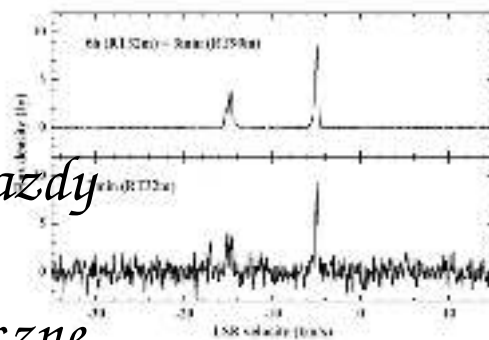
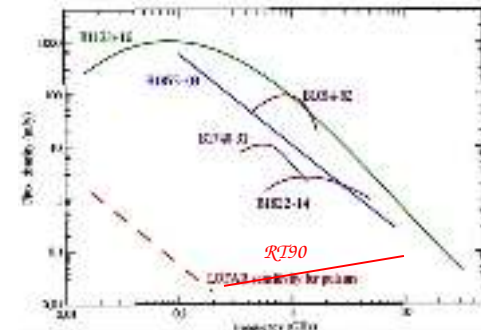
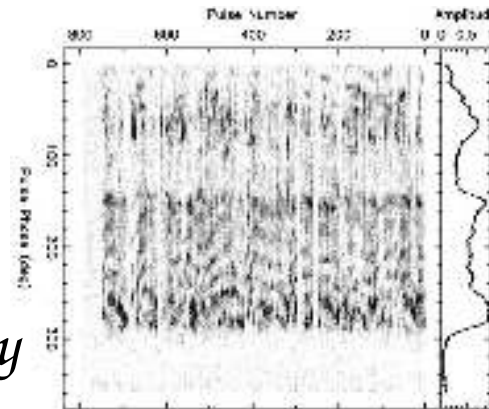
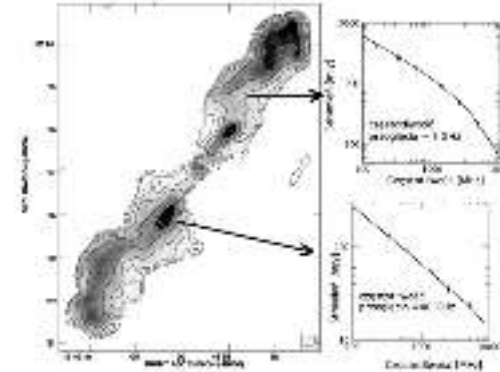
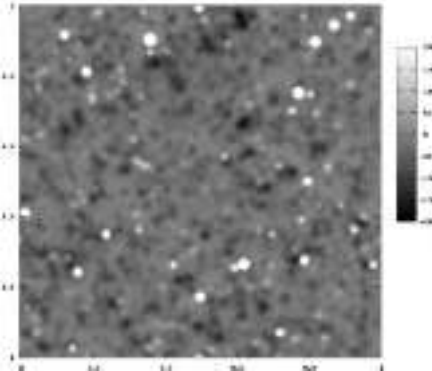
Transienty

Aktywne gwiazdy

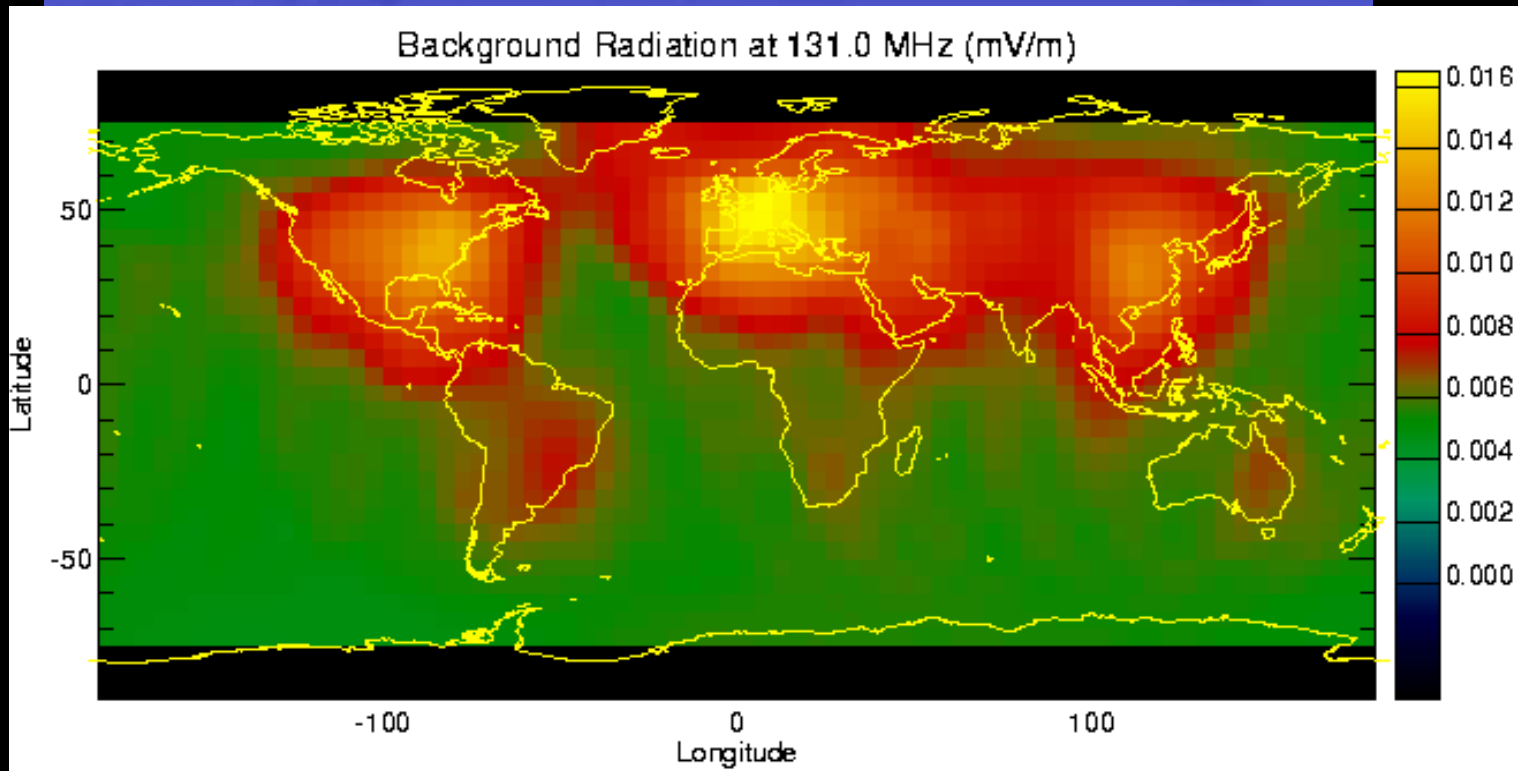
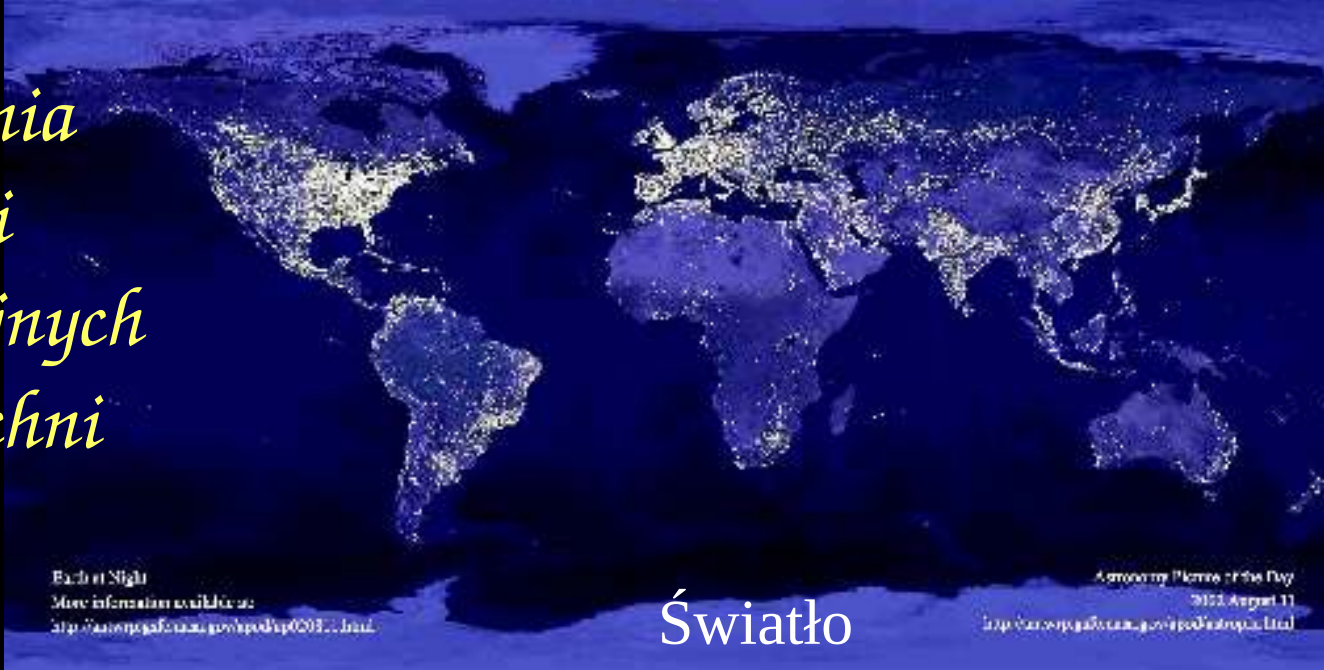
Molekuły

Pola magnetyczne

Ośrodek międzygwiazdowy



Ograniczenia
możliwości
obserwacyjnych
z powierzchni
Ziemi



Radio

-135

-90

-45

0

45

90

135

South

Poziom zakłóceń radiowych w zakresie 1.4 – 1.8 GHz

L-band

CA UMK Piwnice

1.8

1.8

Frequency [GHz]

1.7

1.7

Lokalizacja RT90+ !!!

1.6

1.6

1.5

1.5

Musimy szukać lepszych miejsc niż Piwnice k. Torunia

1.4

1.4

South

-135

-90

-45

0

45

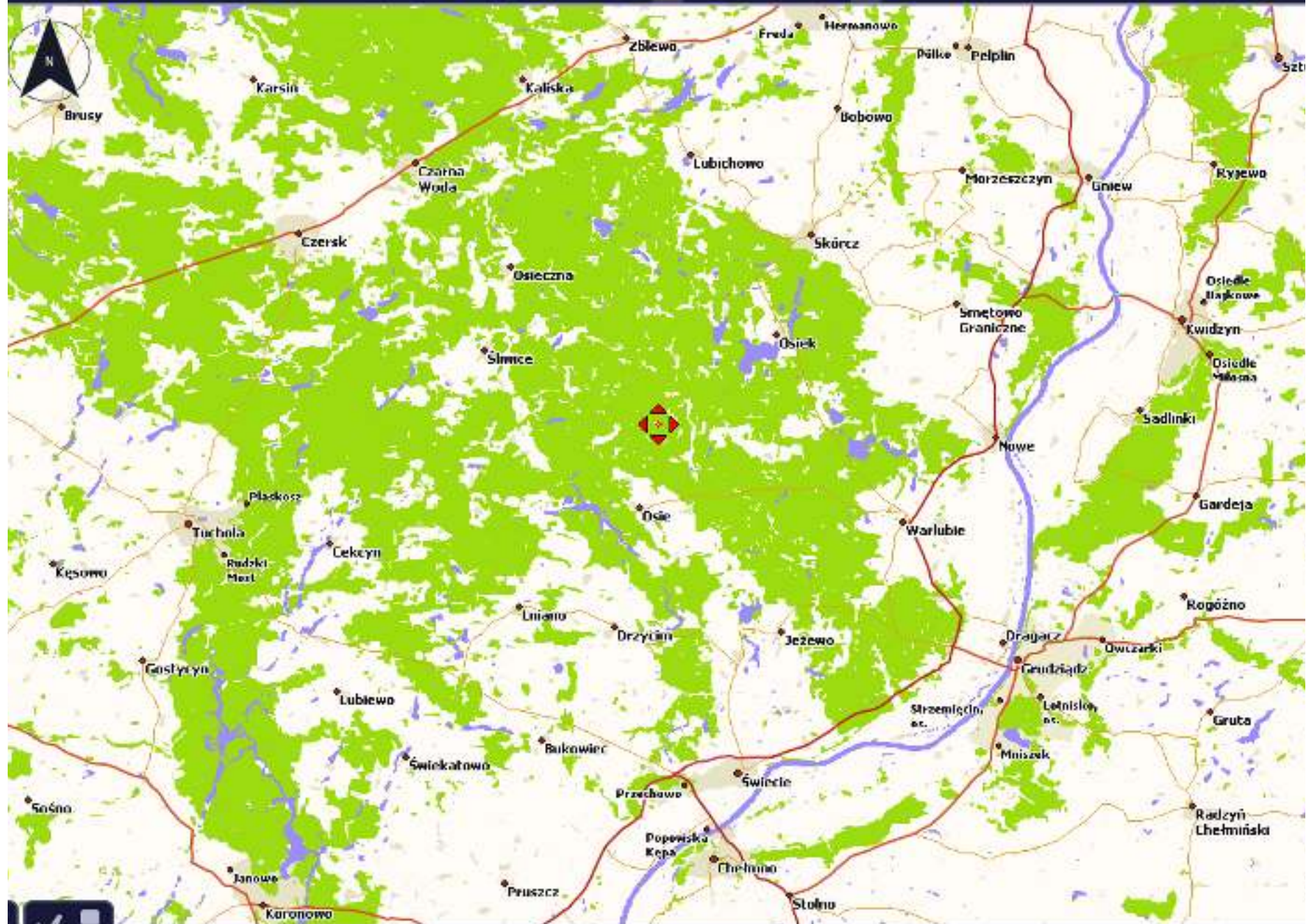
90

135

Azimuth



N 53°39'28.87" E 18°21'52.48"



Leśniczówka Dębowiec, PL

Siwice

RT5 Dębowiec

Osie

214

238

© 2008 BPWK
Image © 2008 DigitalGlobe
© 2008 Tele Atlas
Image © 2008 TerraMetrics

©2008 Go



Radioteleskop RT90+ Dębowiec $D = 110\text{m}$

Model 3D wykonany został na podstawie rysunków mgr inż. Z.Bujakowskiego przez mgr inż. Janusza Mazurka i mgr Romana Feilera z CA UMK przy pomocy oprogramowania Google SketchUp



*Inwestycja „90m Radioteleskop”
oraz jej lokalizacja zostały wpisane do
dokumentu Ministerstwa Rozwoju Regionalnego
„Koncepcja Przestrzennego Zagospodarowania Kraju 2030”*

Jest na „Mapie Drogowej Polskiej Infrastruktury Badawczej”

Jest wpisana do „Strategii Rozwoju UMK 2011-2020”

Jest wpisana do „Strategii Rozwoju woj. Kuj-Pomorskiego”

Projekt RT90+ i NCRIK

Trwała infrastruktura badawcza (> 50 lat)

RT90+ zespoły wysokiej klasy specjalistów

Wkład do Europejskiej IB (VLBI, SKA)

Rozwój nowoczesnych technologii

Wzmocnienie potencjału w badaniach kosmicznych

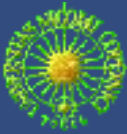
Edukacja w dziedzinach inżynierii kosmicznej



RT110m
film

Dziękuję z uwagą





Księżyc

Pluton

380 tys. km

1,25 sek światła

1:40 000

Saturn

Jowisz



Ziemia

Słońce

Mars

6 mld. km

5,5 godzin światła



Ziemia

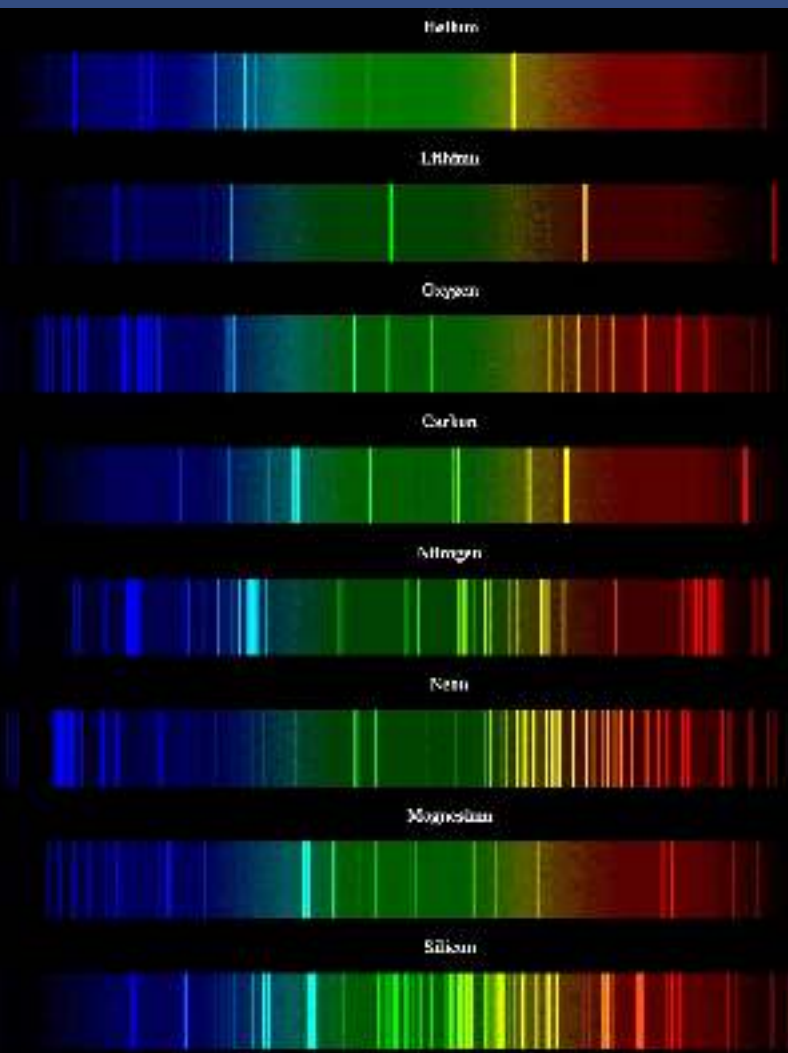
Układ Słoneczny

Słońce \leftrightarrow Proxima Centauri 1,3 pc (4,2 l.ś.)

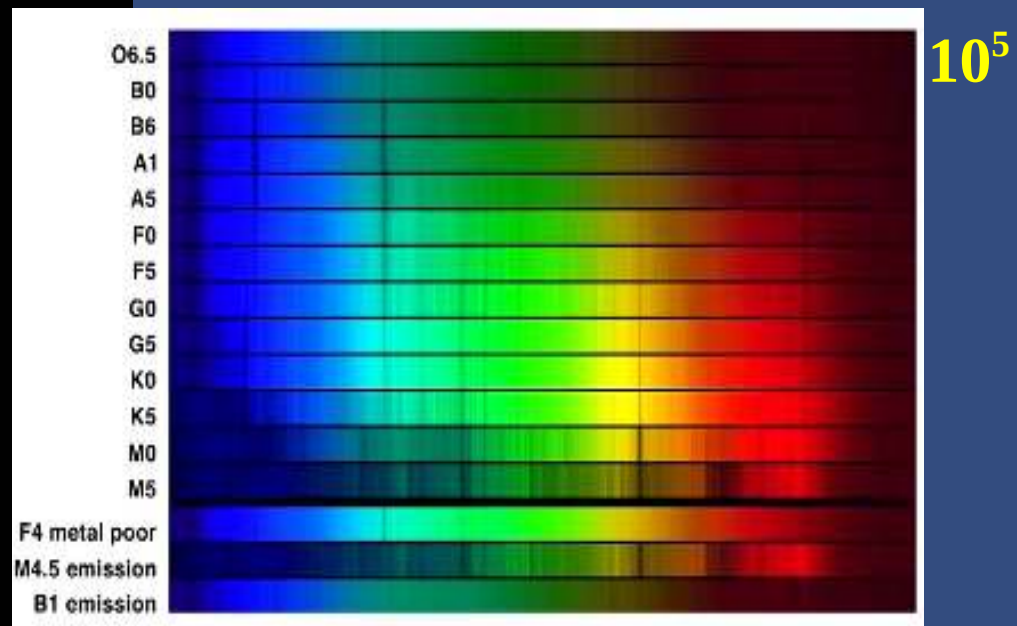




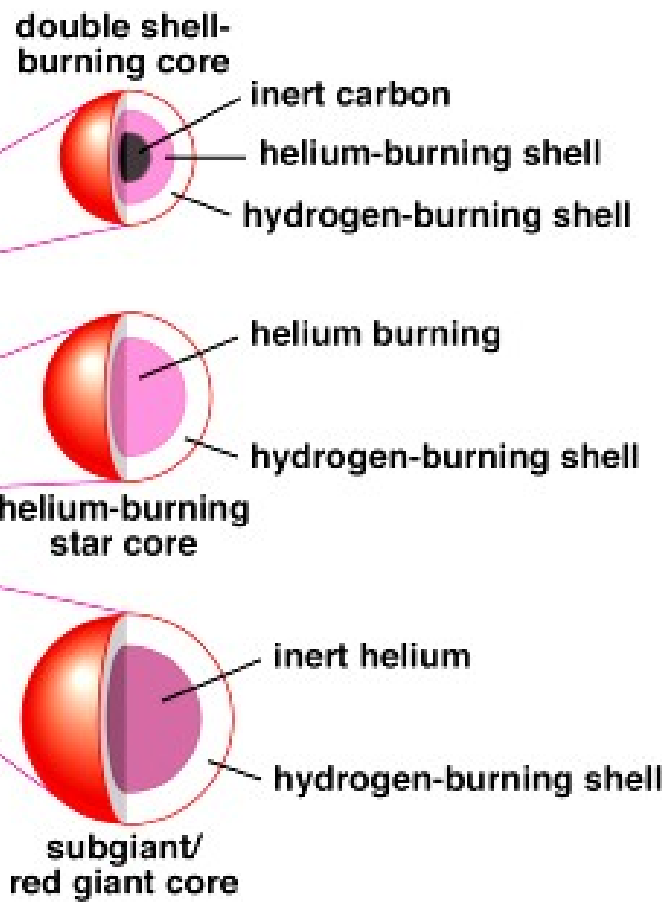
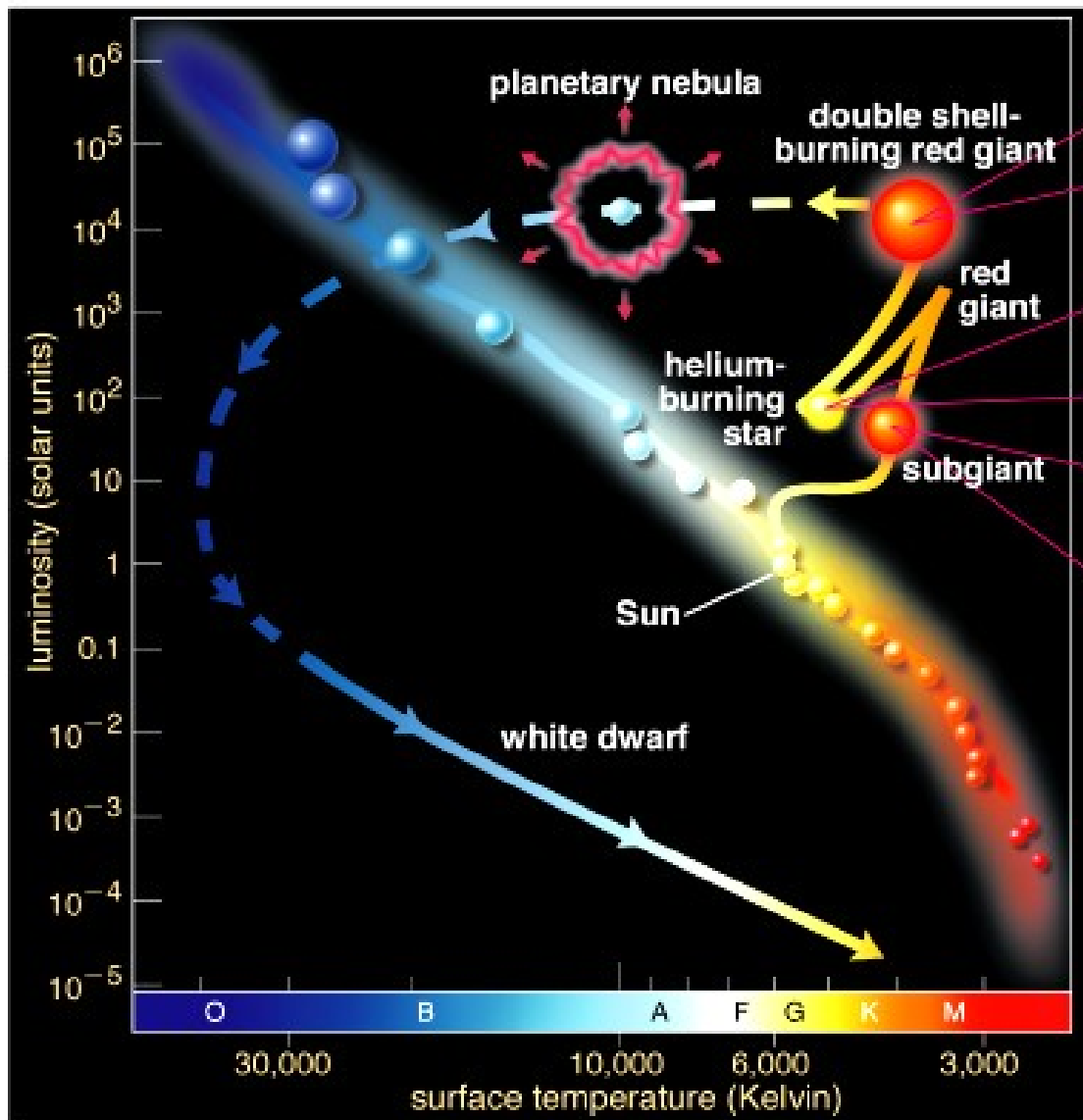
Linie widmowe atomów



Widma gwiazd



temp, Masa, średnica, skład chem., wiek





Eksplozja gwiazdy supernowej

Cassiopeia A Supernova Remnant
NASA / JPL-Caltech / D. Kasas (Stanford Observatory)
sep2008-19a

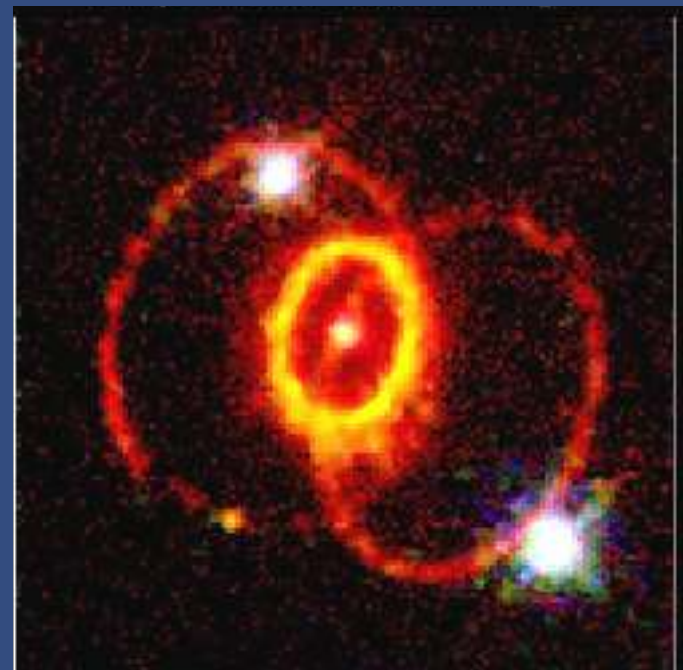
Spitzer Space Telescope • MIPS
Hubble Space Telescope • ACS
Chandra X-Ray Observatory

Ewolucja Słońca

↓
4,5 mld lat

↓
Olbrzym

10 mln lat



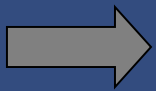
Dramatyczne zmiany X , Y , Z

Masa początkowa $\sim 20 M_{\odot}$

Masa końcowa NS $\sim 1.6 M_{\odot}$

Masa wyrzucona $\sim 18.4 M_{\odot}$

H	$9.0 M_{\odot}$	} $\approx 18.4 M_{\odot}$
He	$7.0 M_{\odot}$	
Z	$2.4 M_{\odot}$	



$$X = \frac{9}{18.4} \approx 0.49$$


$$Y = \frac{7}{18.4} \approx 0.38$$

$$Z = \frac{2.4}{18.4} \approx 0.13$$

Skład chemiczny materii słonecznej $X=0.74$ $Y=0.24$ $Z=0.02$

Kosmiczne fabryki pierwiastków

Tu

- Nucleosynteza BB : pierwsze 3 minuty
 ${}^1\text{H}$ ${}^2\text{D}$ ${}^3\text{He}$ ${}^4\text{He}$... ${}^7\text{Li}$
 - Przemiany jądrowe w *** *jesteśmy dziećmi gwiazd !*
... ${}^{12}\text{C}$ ${}^{14}\text{N}$ ${}^{16}\text{O}$...
 - Eksplozje supernowych ($M_* > 8 M_{\text{sun}}$)
... ${}^{56}\text{Fe}$... ${}^{235}\text{U}$
- 
- Obfitości ciężkich pierwiastków wzrastają za każdym razem gdy nowa populacja gwiazd wzbogaca ośrodek międzygwiazdowy.
 - Wiatry gwiazdowe, wyrzuty materii, eksplozje

Nie tylko studiujemy gwiazdy ale także

Pozasłoneczne układy planetarne

ODKRYTO

~300 pozasłonecznych układów planetarnych

~1000 planet

>50 układów z wieloma planetami

większość oprócz planet PSR1257+12 to masywne „Jowisze”

Głównie dowody pośrednie, nieliczne bezpośrednie obserwacje

Galaktyka spiralna

- Gwiazdy
- Gromady gwiazd
- Materia ciemna

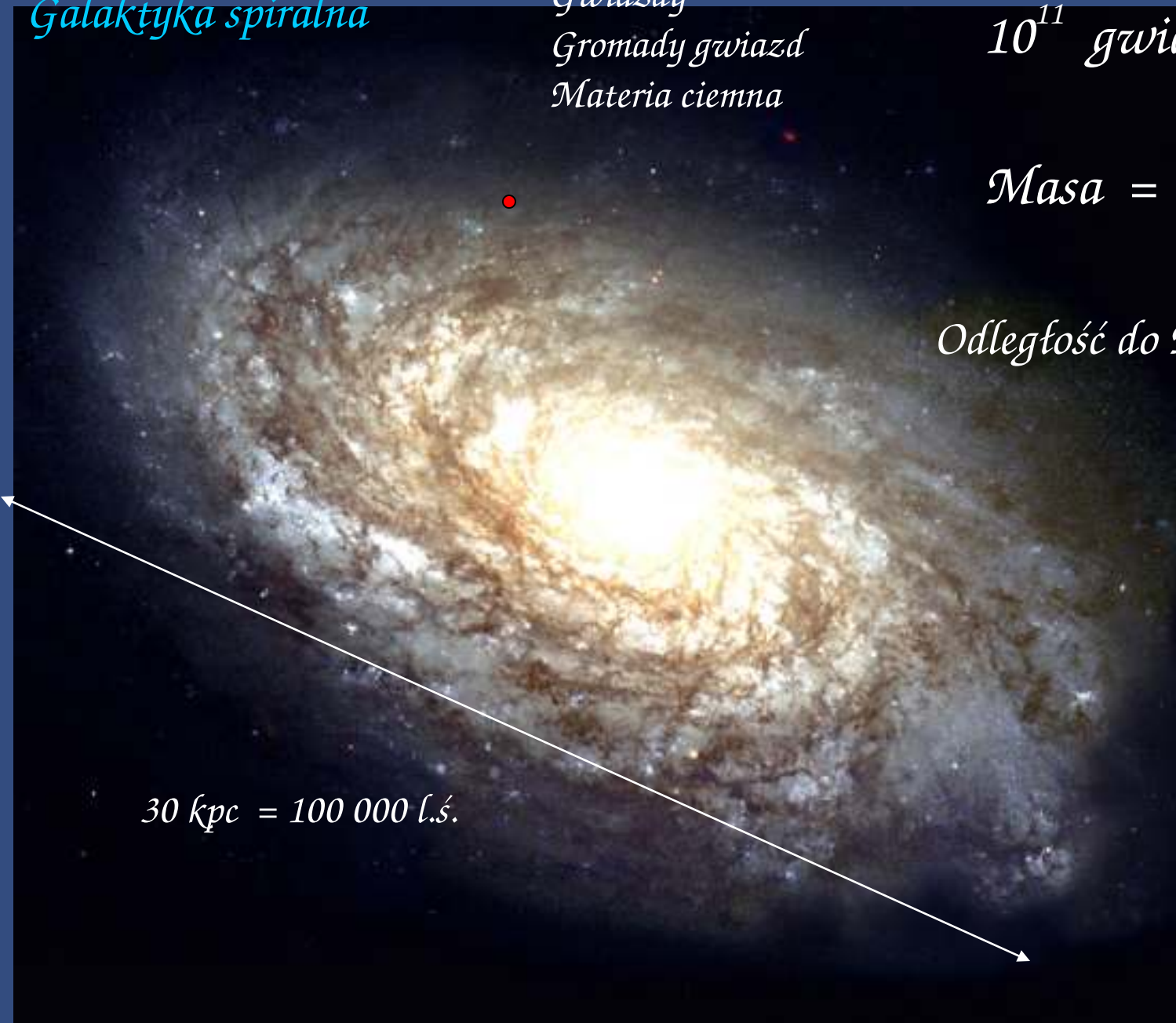
10^{11} gwiazd

Masa = $10^{12} M_{\odot}$

Odległość do M31 (Andromeda)

2 mln l.ś.

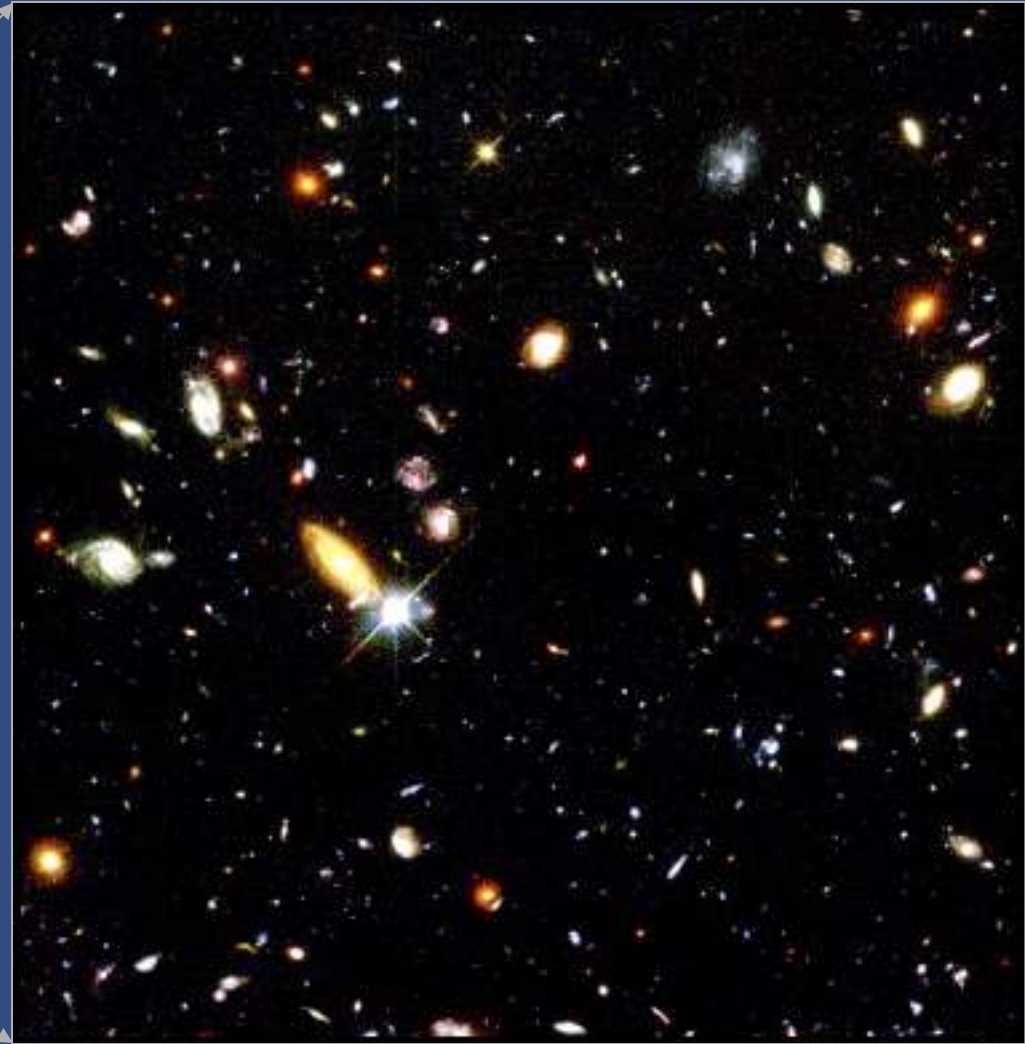
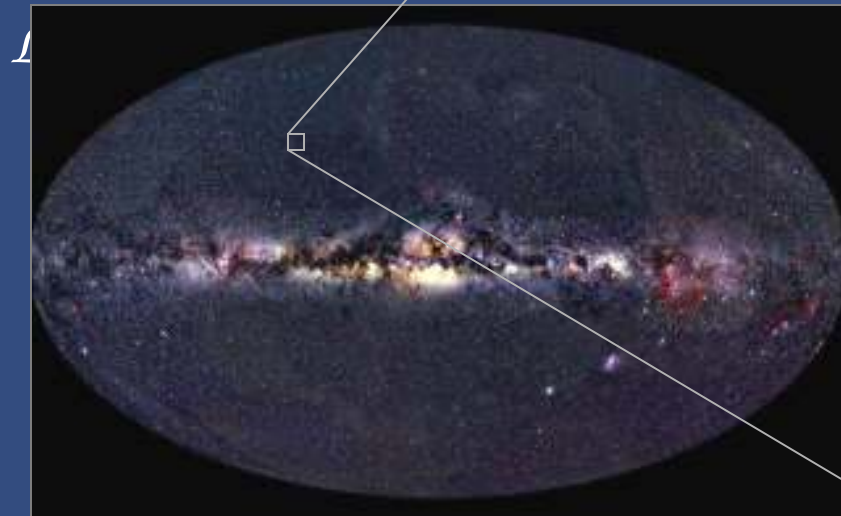
$30 \text{ kpc} = 100\,000 \text{ l.ś.}$



Gromady i super-gromady galaktyk

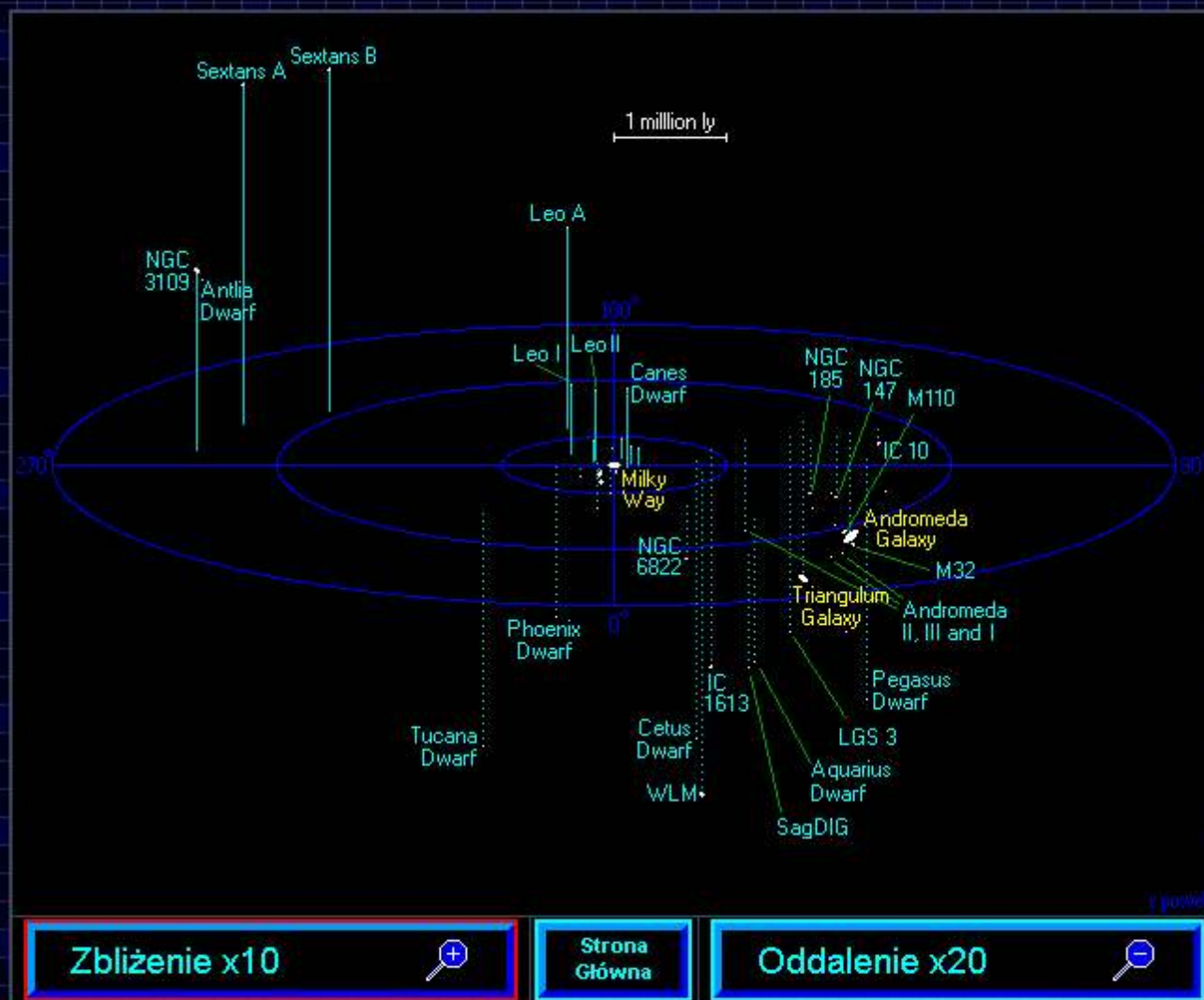


Rozmiary gromady ~ 2-30 Mpc



Wszechświat w odległości 5 milionów lat świetlnych

Układ Lokalny Galaktyk



Zbliżenie x10



Strona
Główna

Oddalenie x20



- * Liczba dużych galaktyk w odległości 5 milionów lat świetlnych = 3
- * Liczba galaktyk karłowatych w odległości 5 milionów lat świetlnych = 37
- * Liczba gwiazd w odległości 5 milionów lat świetlnych = 700 miliardów

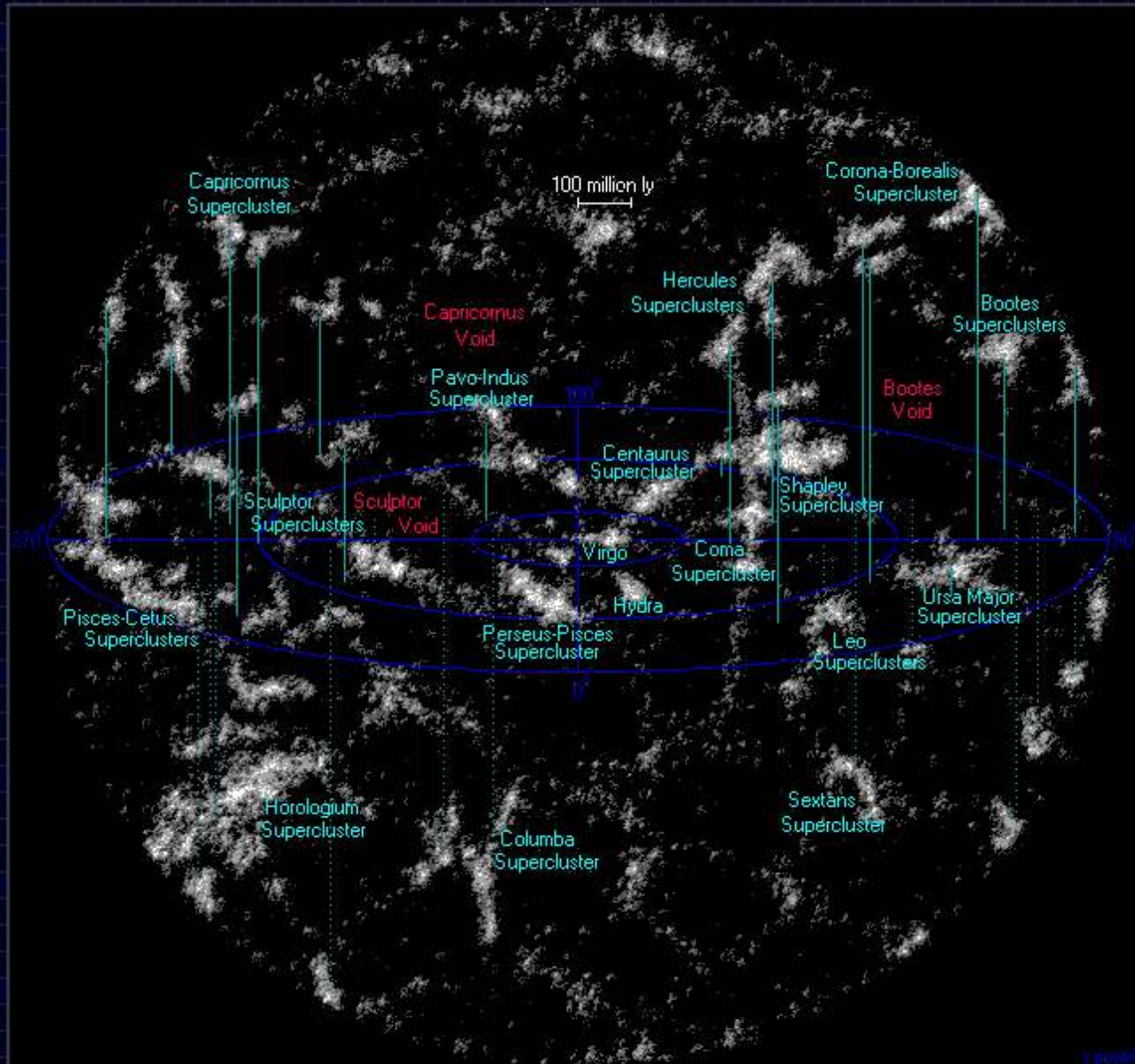
$\mu(V) < 21.5$



Mihos et al 2005

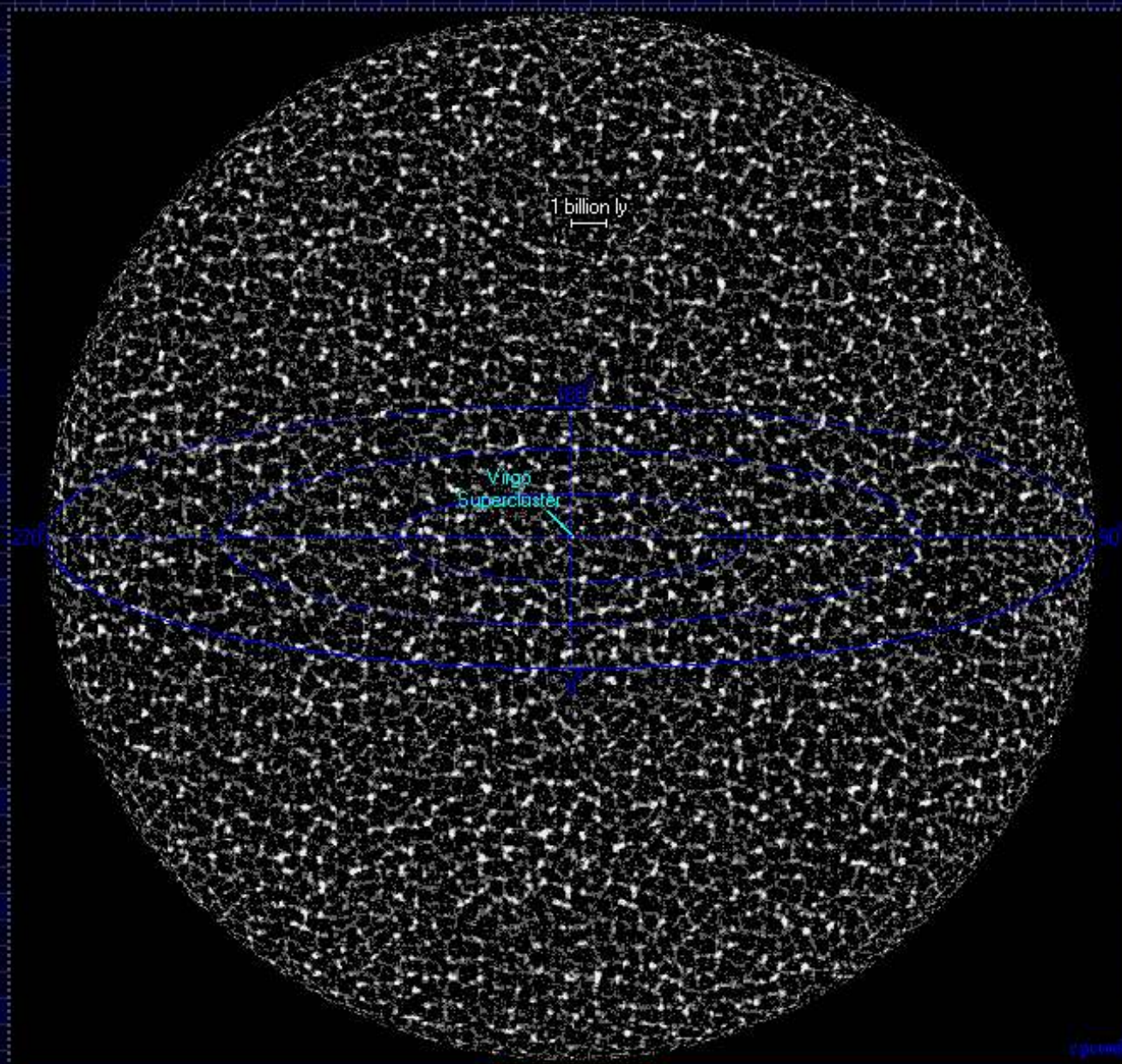
Wszechświat w odległości 1 miliarda lat świetlnych

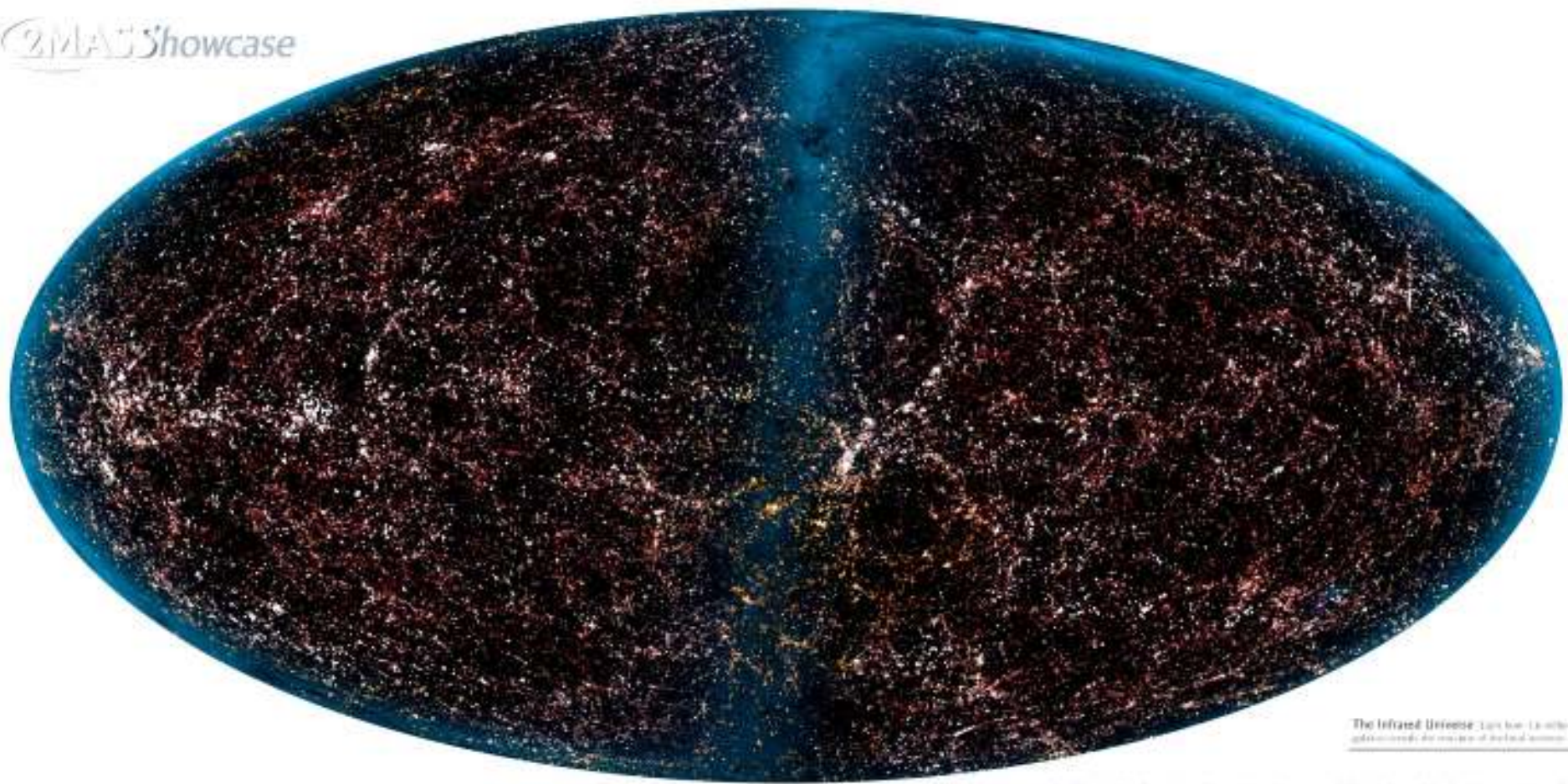
Sąsiednie Supergromady



Wszechświat w odległości 14 miliardów lat świetlnych

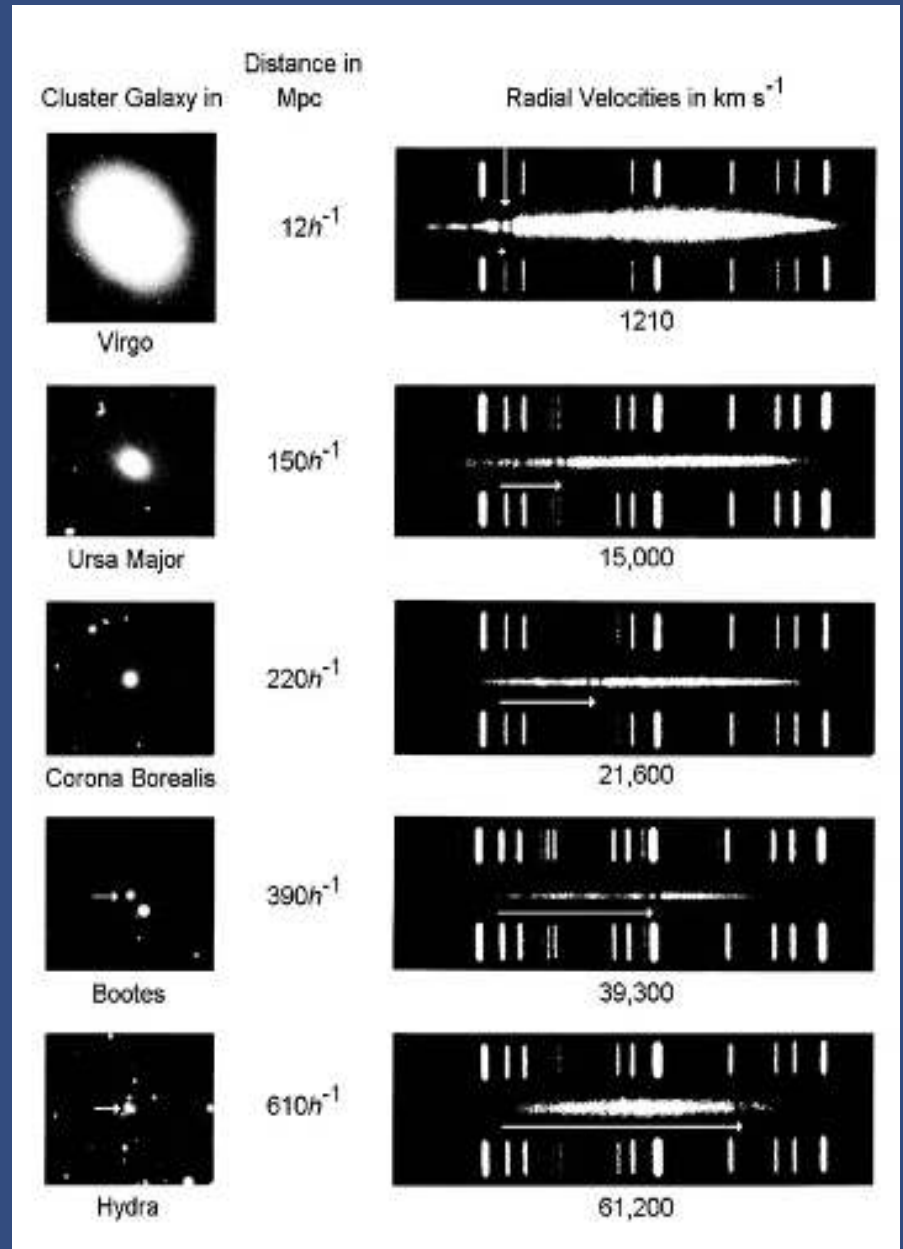
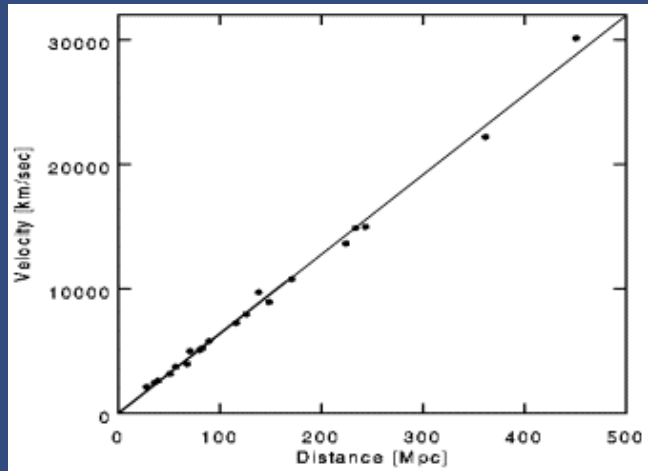
Widzialny Wszechświat

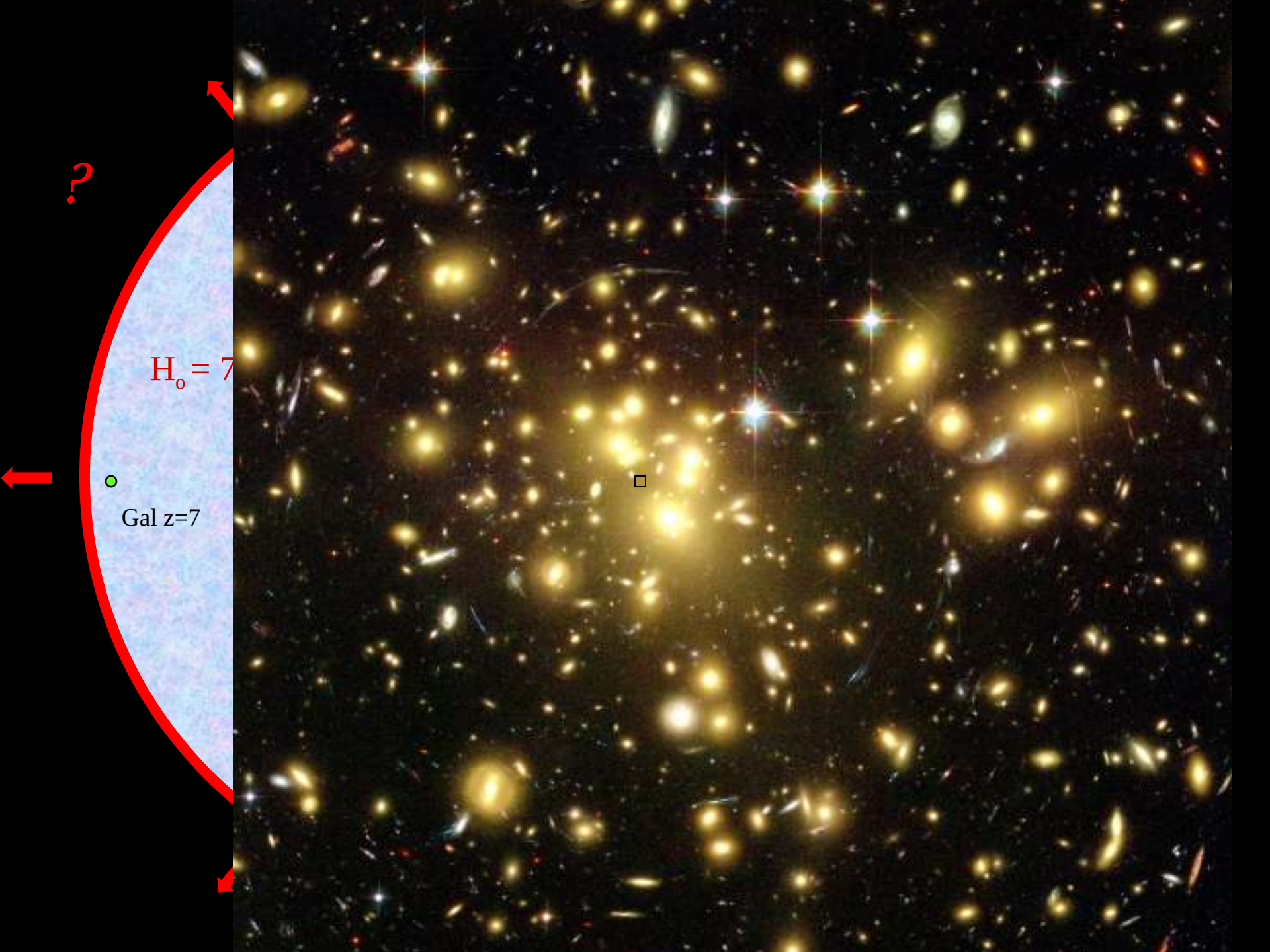




The Infrared Dinosaur Eggs from the Late Cretaceous of the United States

Edwin Hubble





?

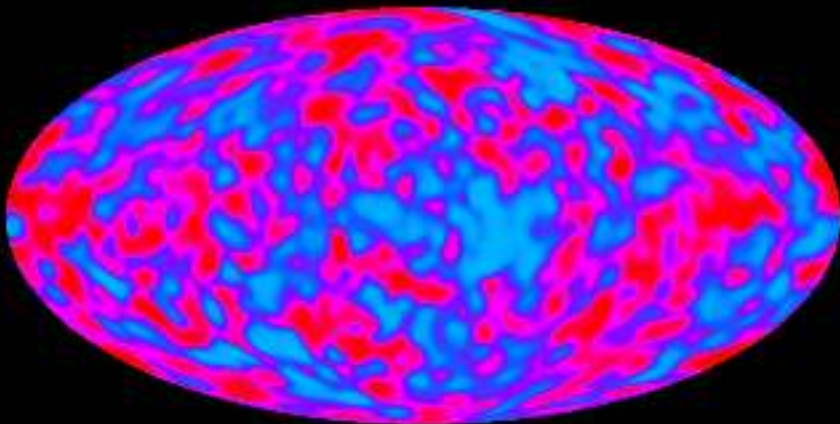
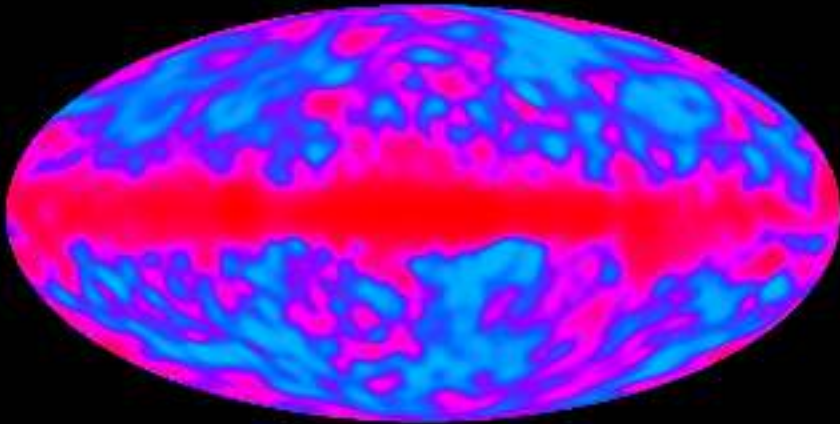
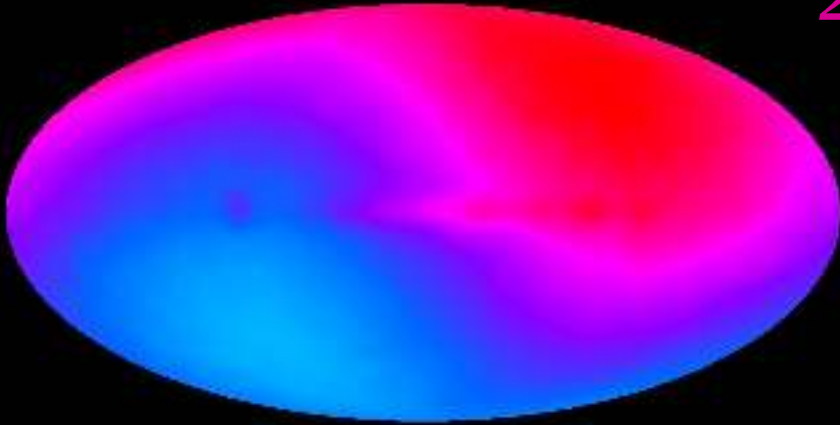
$H_0 = 7$



Gal z=7

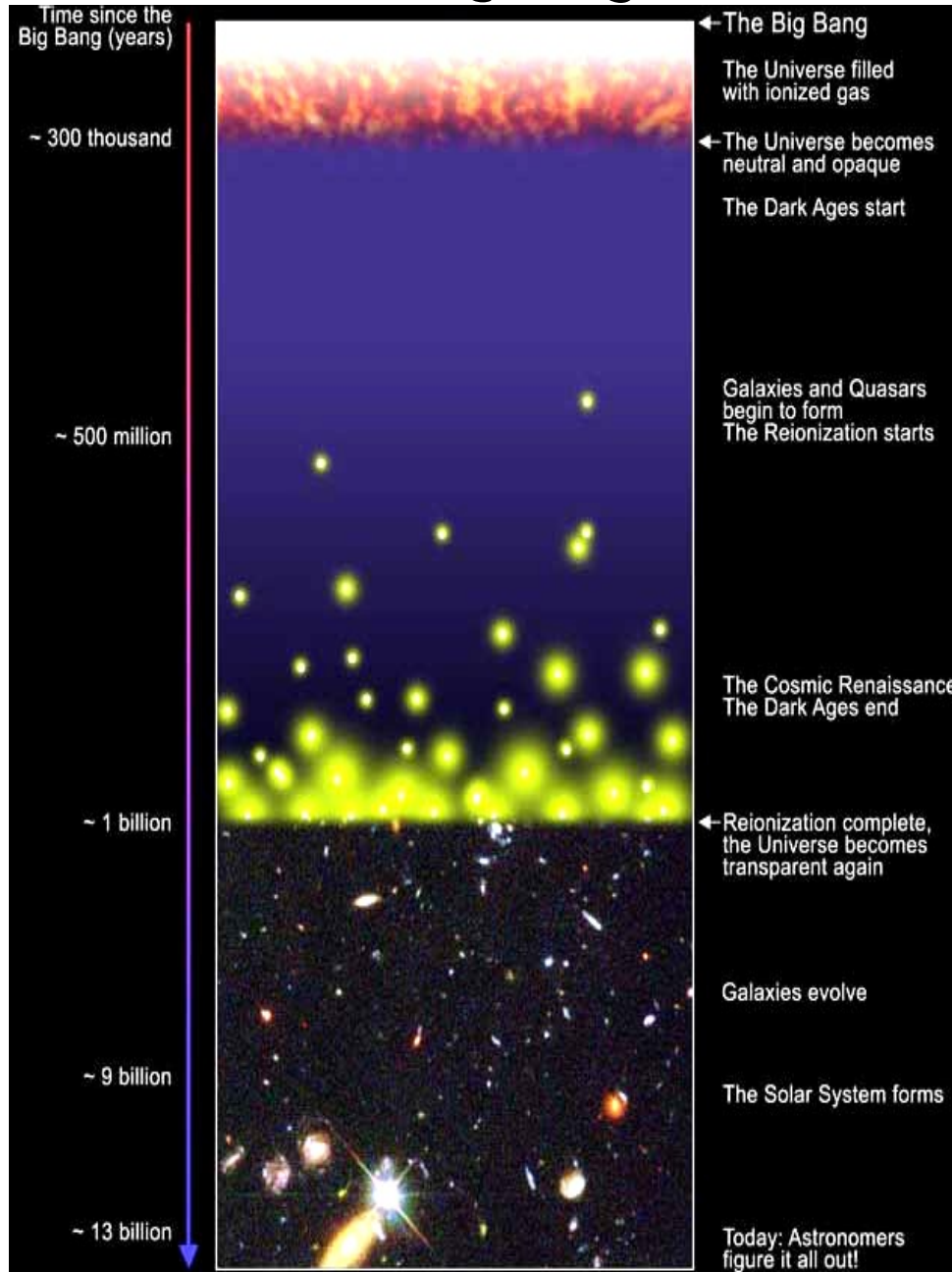


2.5



Big Bang !!!
i formowanie się galaktyk

Krótką historia Wszechświata



↓ *Era rekombinacji*

↓ *Epoka ciemności:*
*nie ma **, IGM: HI*

↓ *Pierwsze światło: powstają*
Gwiazdy, SN, czarne dziury

↓ *Epoka ponownej jonizacji:*
promieniowanie jonizuje ośrodek IGM :

HI \diamond *HII*
↓ *HII rejony łączą się, wszechświat*
ponownie staje się przezroczysty

↓ *Powstaje układ słoneczny*

↓ *Teraz*

pierwsze gwiazdy

Nowy model rodzenia się gwiazd
maksimum tempa powstawania
młodych gwiazd to około
0.5 – 1 mld lat po BB

Stary
model

miliardy lat

Big
Ba

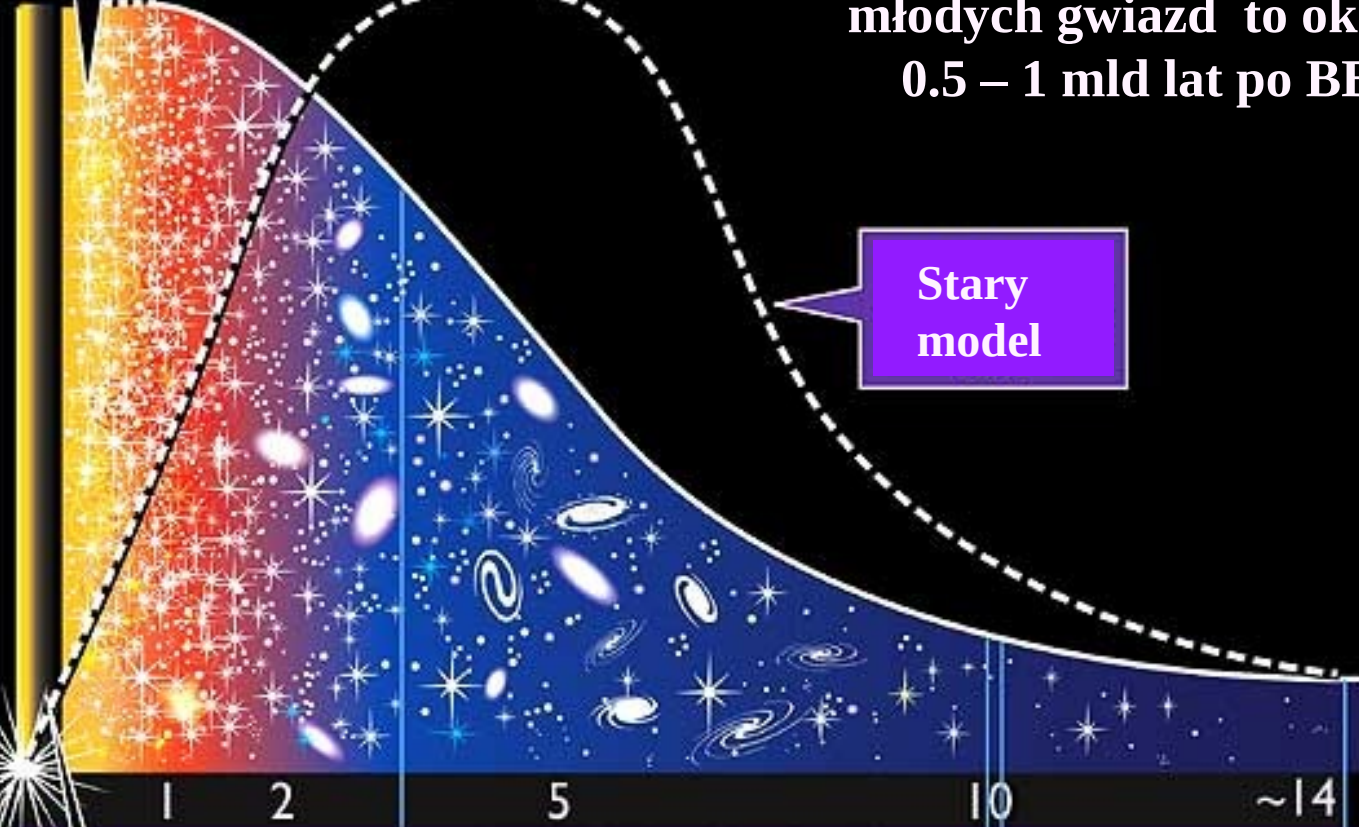
-14
Epoka
ciemności

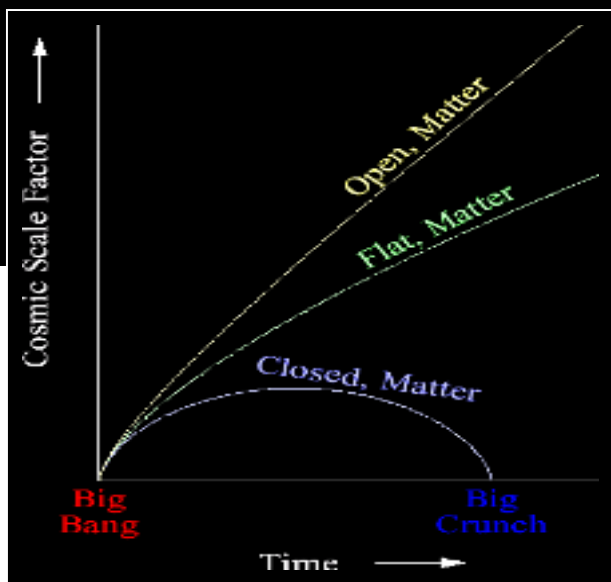
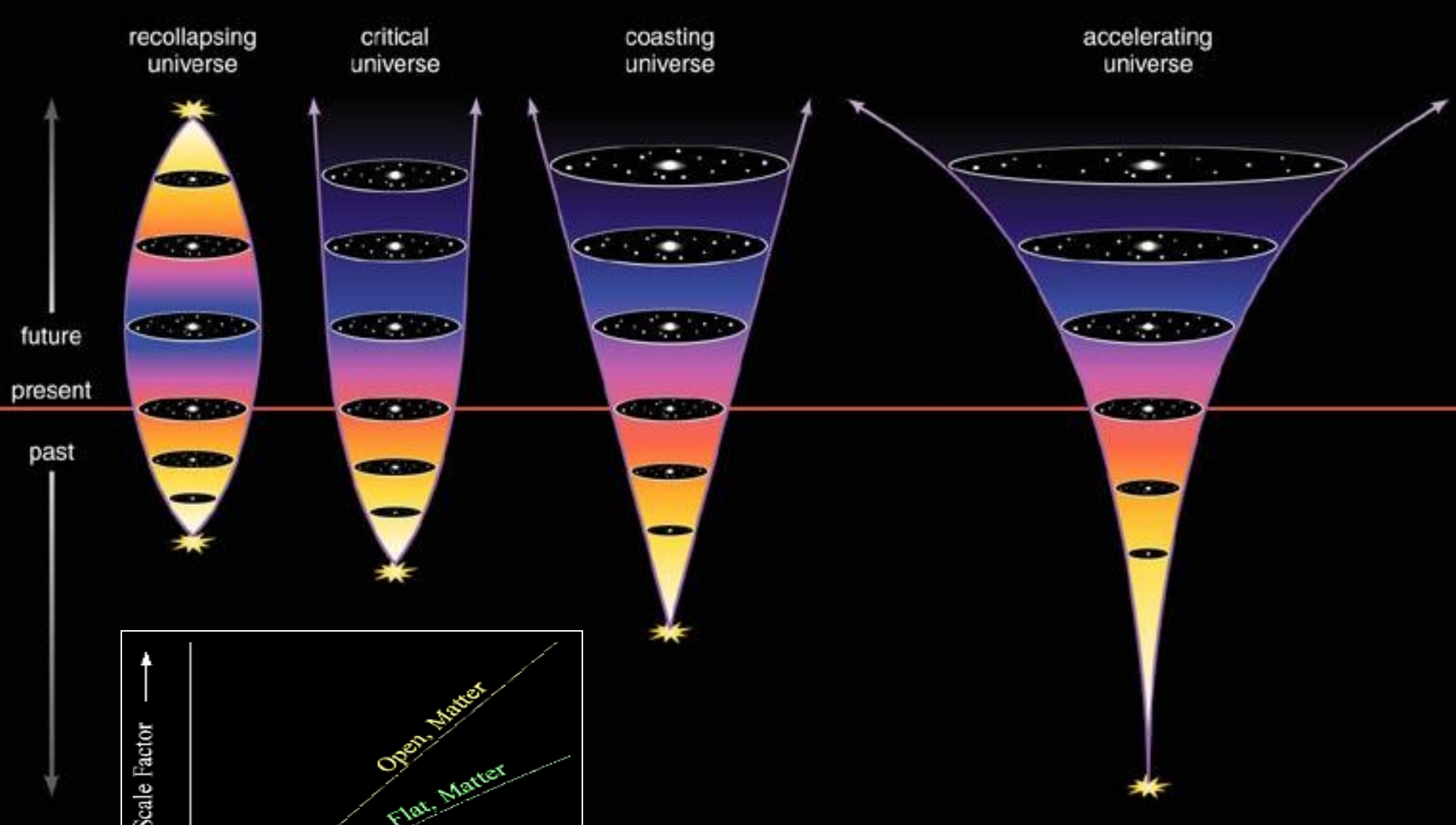
-10
Powstaje
Nasza Galaktyka

-4
Powstaje
Układ
Słoneczny

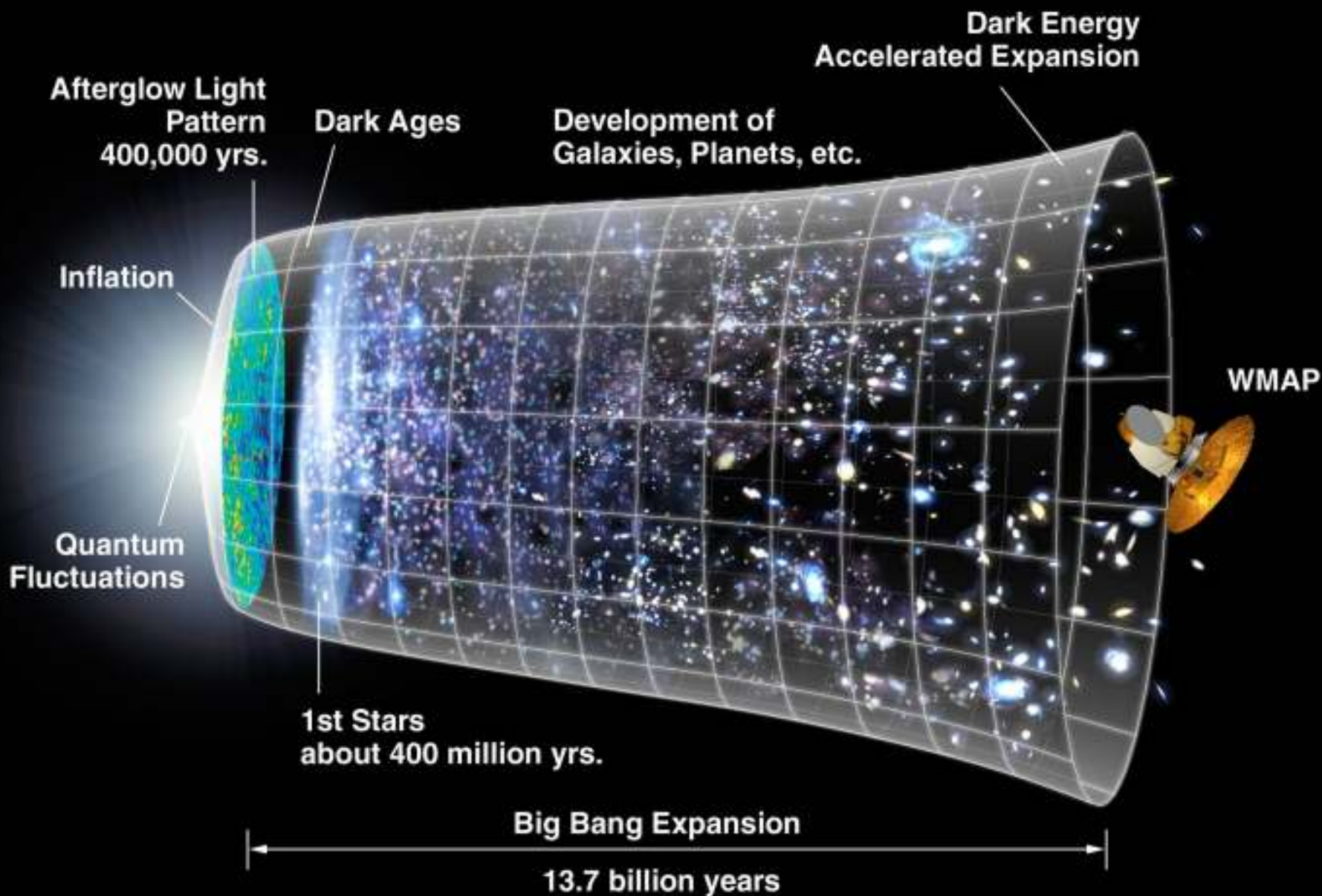
Pojawia
się życie
na Ziemi

0
Homo
Sapiens

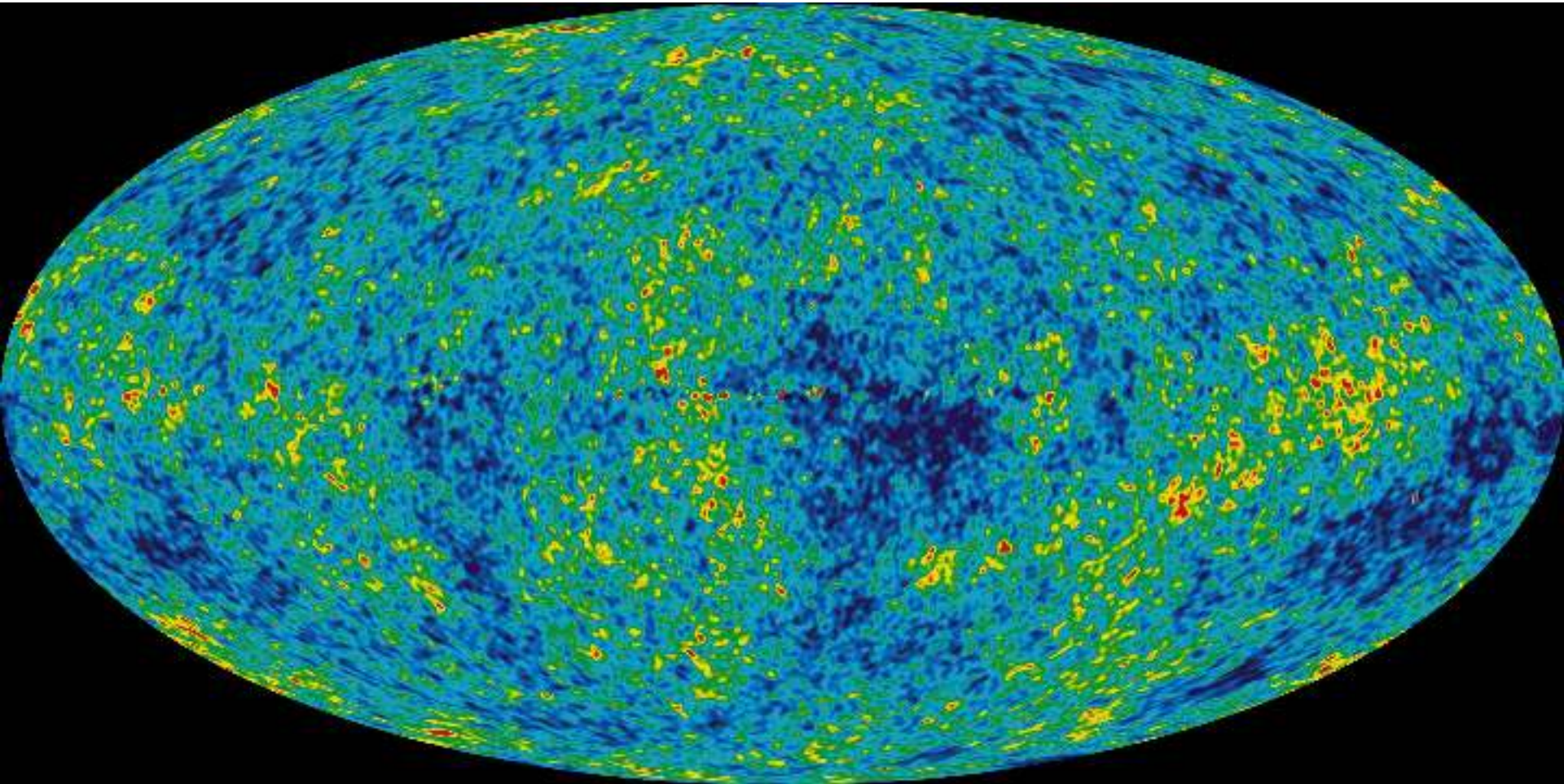




Ekspansja Wszechświata



Reliktowe promieniowanie tła mikrofalowego 2,7 K



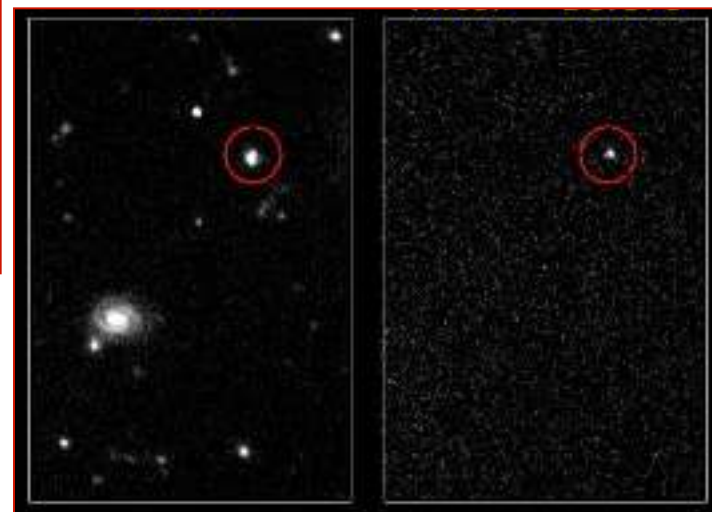
WMAP

$10E-5$ K



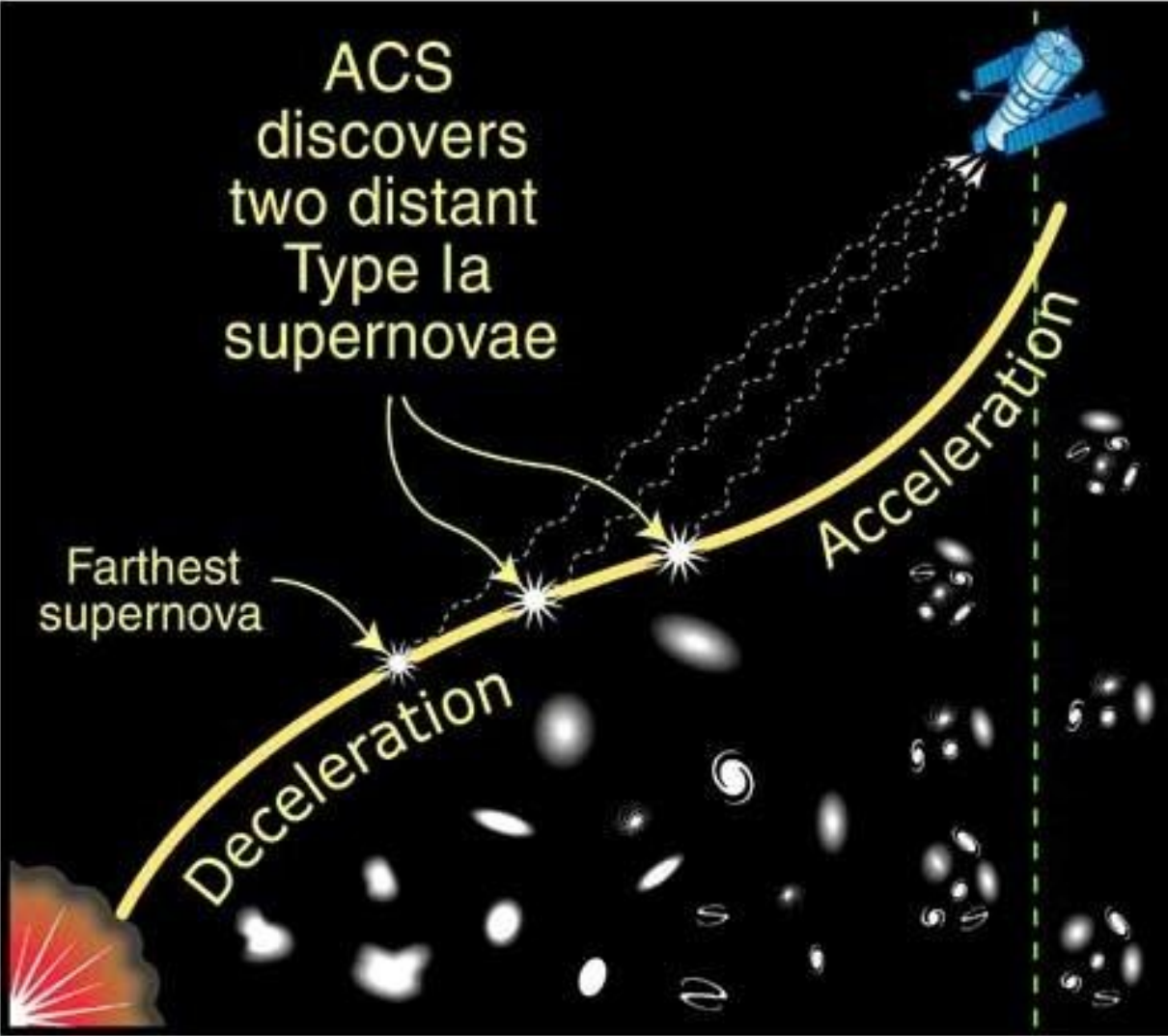
Eksplzja SN jest tak jasna
jak wszystkie gwiazdy
galaktyki razem.

Wiec takie eksplozje są
łatwe do zaobserwowania
przez teleskopy.

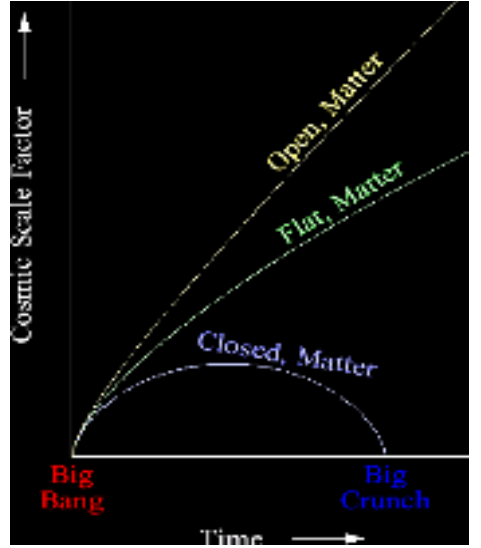
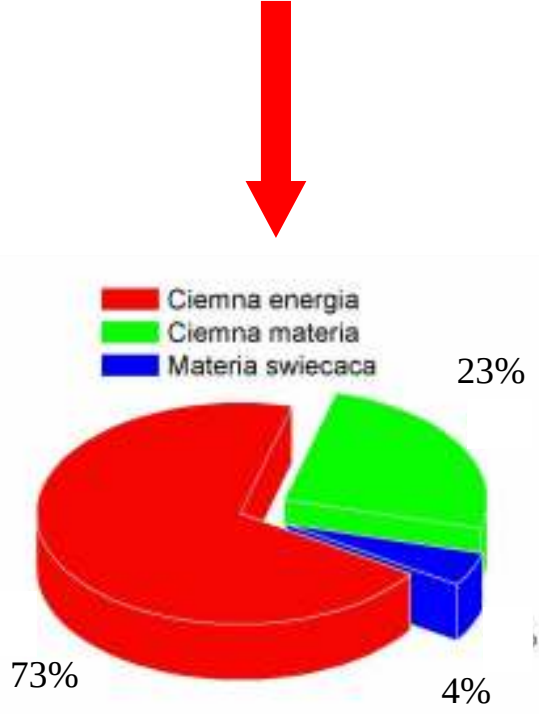


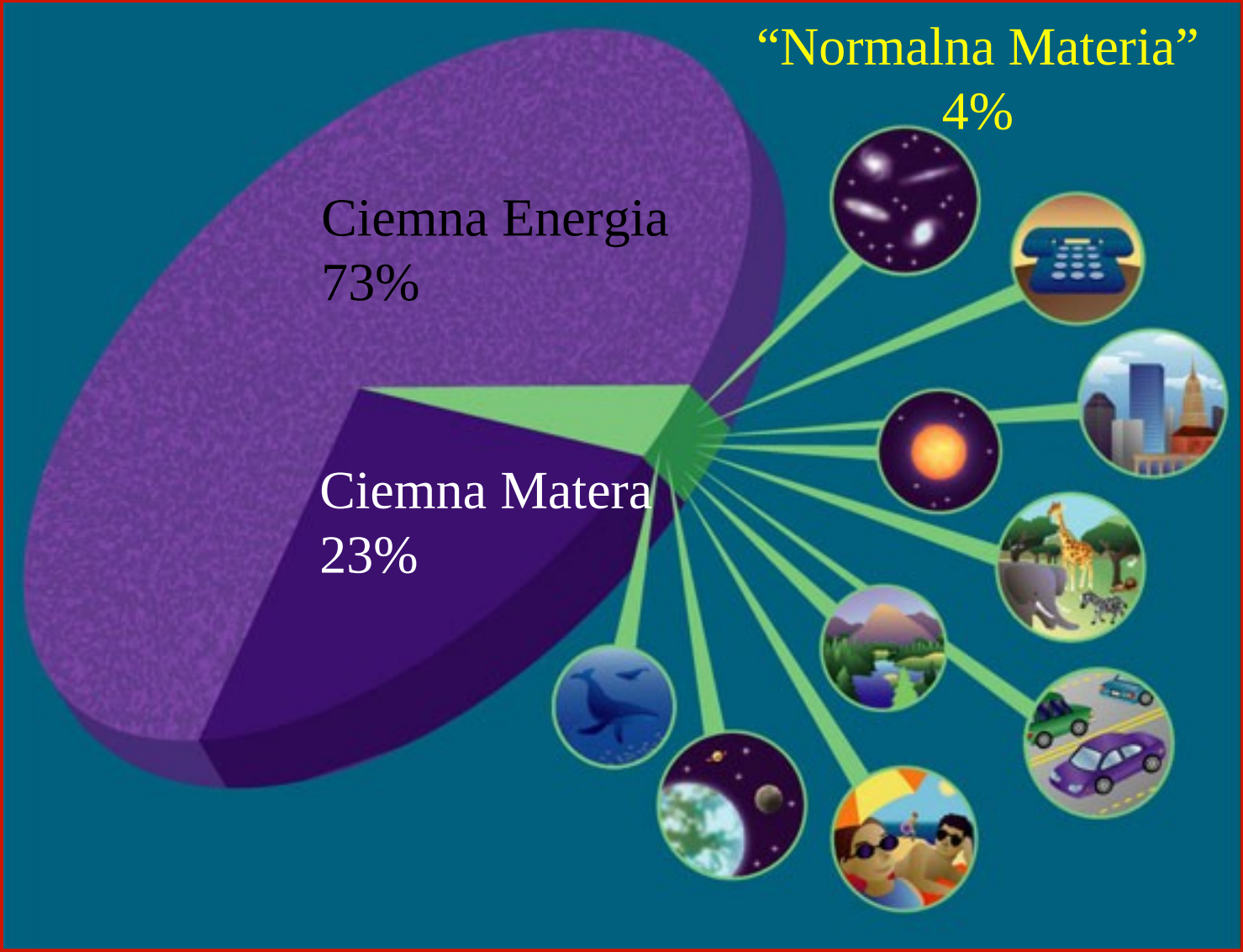
Dalekie

Expansion of universe



Big Bang 10 billion years ago 5 billion years ago Today





Najważniejsze pytania stawiane astronomii

- *Jak powstał Wszechświat, jak przebiegł jego ewolucja ?*
- *Czym są energia, materia, przestrzeń, czas ?*
- *Jak naprawdę zbudowany jest Wszechświat ?*
- *Stworzenie uniwersalnej wiedzy o Wszechświecie*

- *Badanie najwcześniejszych etapów ewolucji Wszechświata*
- *Badanie ekstremalnych stanów materii*
- *Poszukiwanie obserwacyjnych dowodów teorii fizycznych*

- *Chemiczna ewolucja materii (powstanie form żywych)*
- *Poszukiwanie planet podobnych do Ziemi*

Aby badania były skuteczne konieczna jest budowa nowych instrumentów badawczych dla astronomii pracujących w całym zakresie widma promieniowania elektromagnetycznego