

Kosmiczna Linijka



Agnieszka Janiuk
Centrum Astronomiczne PAN
Festiwal Nauki

Galileusz: 400 lat temu po raz pierwszy użył teleskopu

Rok 2009 został ogłoszony przez ONZ Międzynarodowym Rokiem Astronomii

W roku 2009 mają miejsce następujące rocznice i wydarzenia:

- 400 lat od pierwszego użycia teleskopu do celów astronomicznych (**Galileusz**)
- 90 lat istnienia Międzynarodowej Unii Astronomicznej (**IAU**)
- 40 lat od pierwszego lądowania człowieka na Księżycu (**Apollo 11**)

★najdłuższe zaćmienie Słońca w XXI wieku



<http://www.astronomia2009.pl>



Międzynarodowy Rok Astronomii w “Delcie”

- **Nowości:**
- Cykl 12 krótkich artykułów pt. **Kosmiczna Linijka**, autorki: B. Czerny i A. Janiuk
- Konkurs zadań rachunkowych (z nagrodami)
- **A także to co zwykłe:**
- Długie artykuły astronomiczne
- Patrz w niebo
- Aktualności



<http://www.mimuw.edu.pl/delta>

Jak budujemy Linijkę?

Obserwacje WMAP -> Wiek Wszechświata: 13,7
miliarda lat

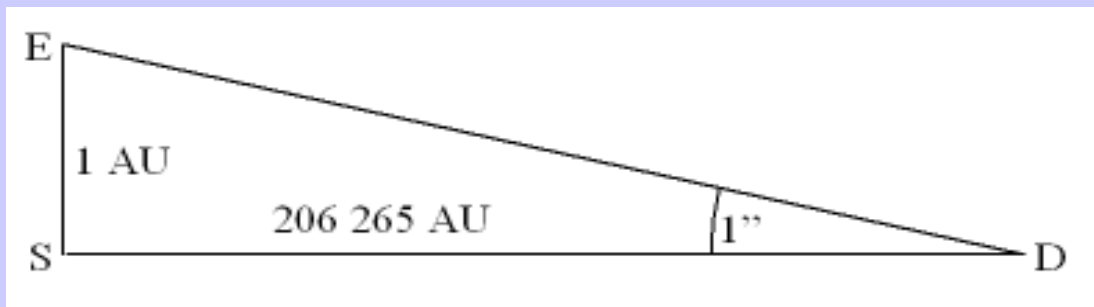
Rozmiar: 13,7 miliarda lat świetlnych = $4,2 \times 10^9$ pc
(= 4,2 Gpc)

Peryferia Układu Słonecznego: kilkaset – tysiące j.a. ->
skala rzędu 0,04 pc

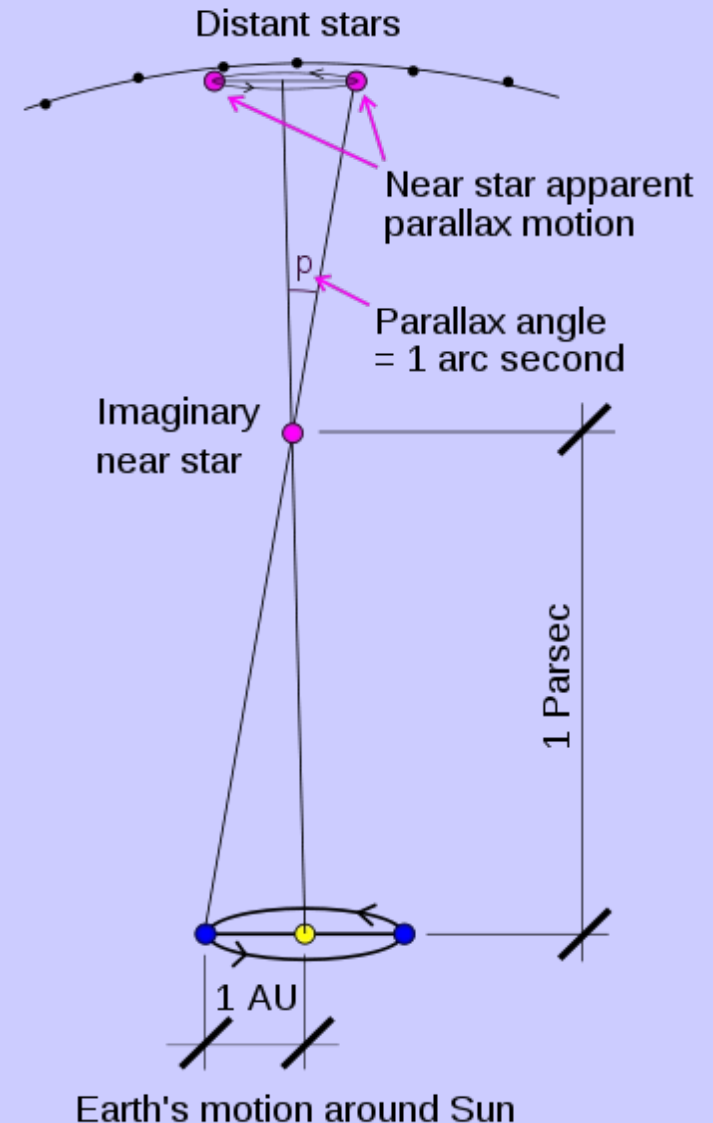
*W cyklu 12 odcinków opowiadamy o Wszechświecie bliskim
(Układ Słoneczny) i dalekim (galaktyki, kosmologia)*

Dygresja: co to jest parsek?

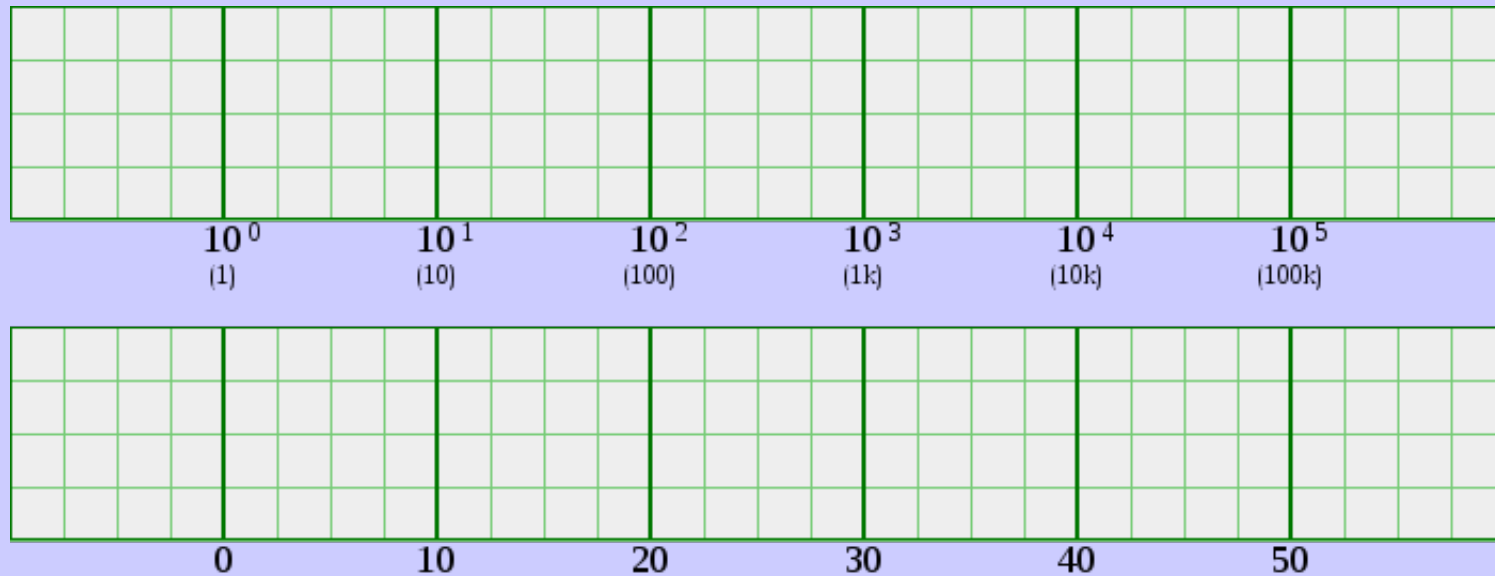
$$1 \text{ pc} = 206265 \text{ j.a.} = 3,26 \text{ lat } \text{św.} \\ = 3,086 \cdot 10^{16} \text{ m}$$



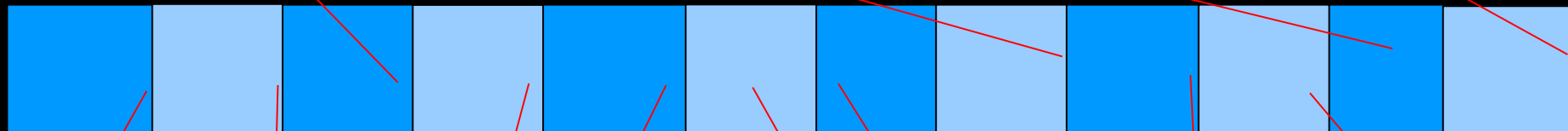
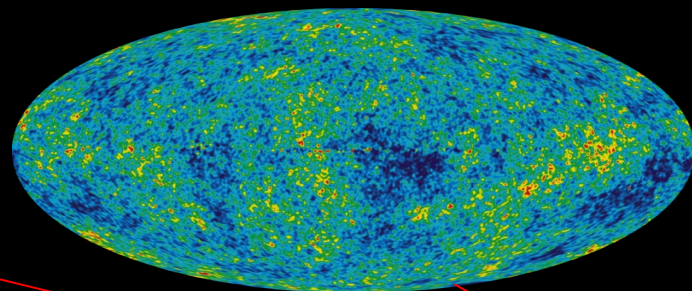
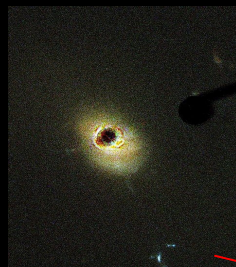
$$1 \text{ Gigaparsek} = 10^9 \text{ parseków}$$



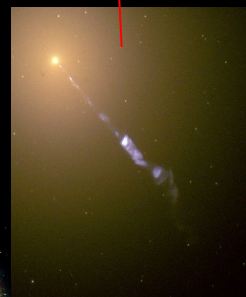
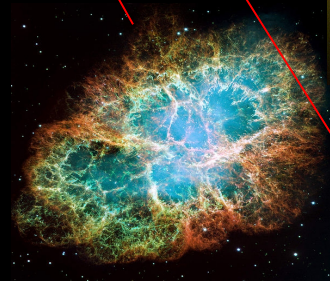
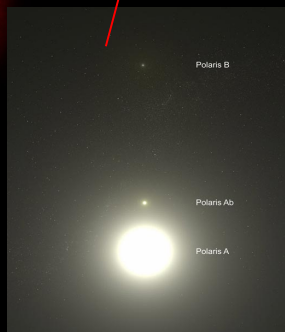
Skala logarytmiczna



Podziałka logarytmiczna: krok co 1 rząd wielkości
Podziałka liniowa: krok co 1



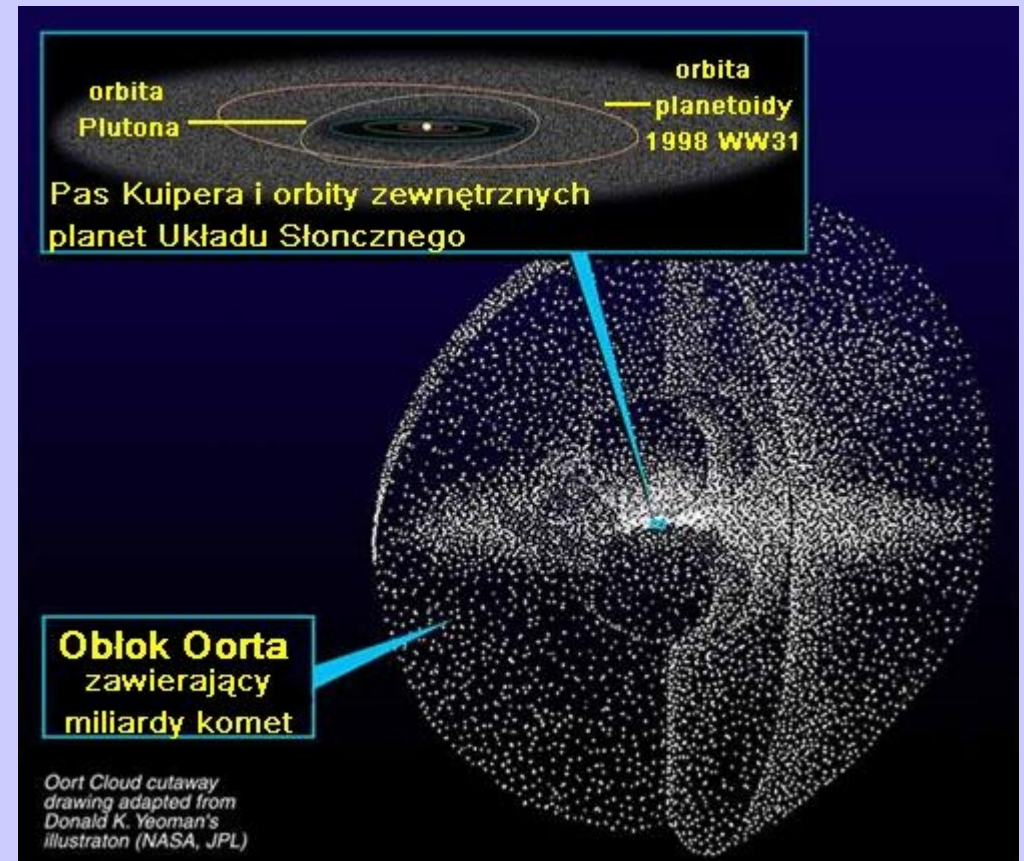
0,04 0,4 4 40 400 4k 40k 400k 4M 40M 400M 4G



1. Obłok Oorta (skala 0,04 pc)

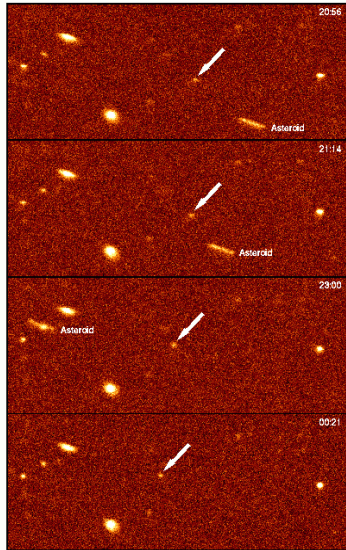
1932 r. : Ernst Opik
zapropomował istnienie obłoku
materii, z którego pochodzą
komety

1950 r. : Jan Oort szczegółowo
zbadał tę hipotezę



2 rezerwuary komet:

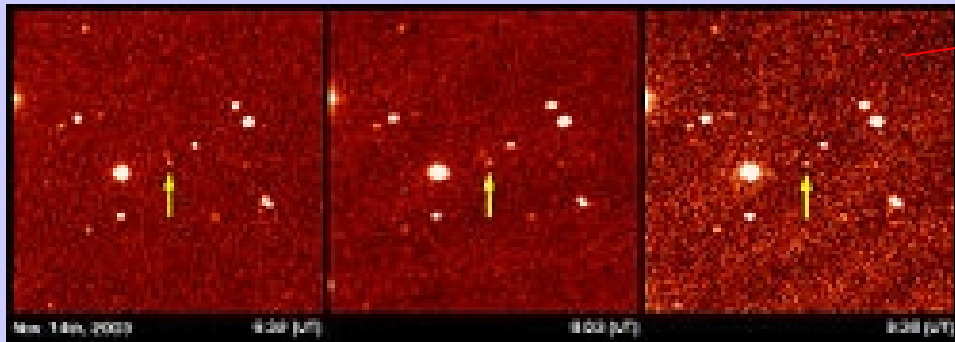
- spłaszczony pas Kuipera, 30-55 j.a.
- sferyczny obłok Oorta, 300 – 100.000 j.a.



- 1992 – odkryto pierwszy obiekt należący do Pasa Kuipera, planetoidę **1992 QB₁**

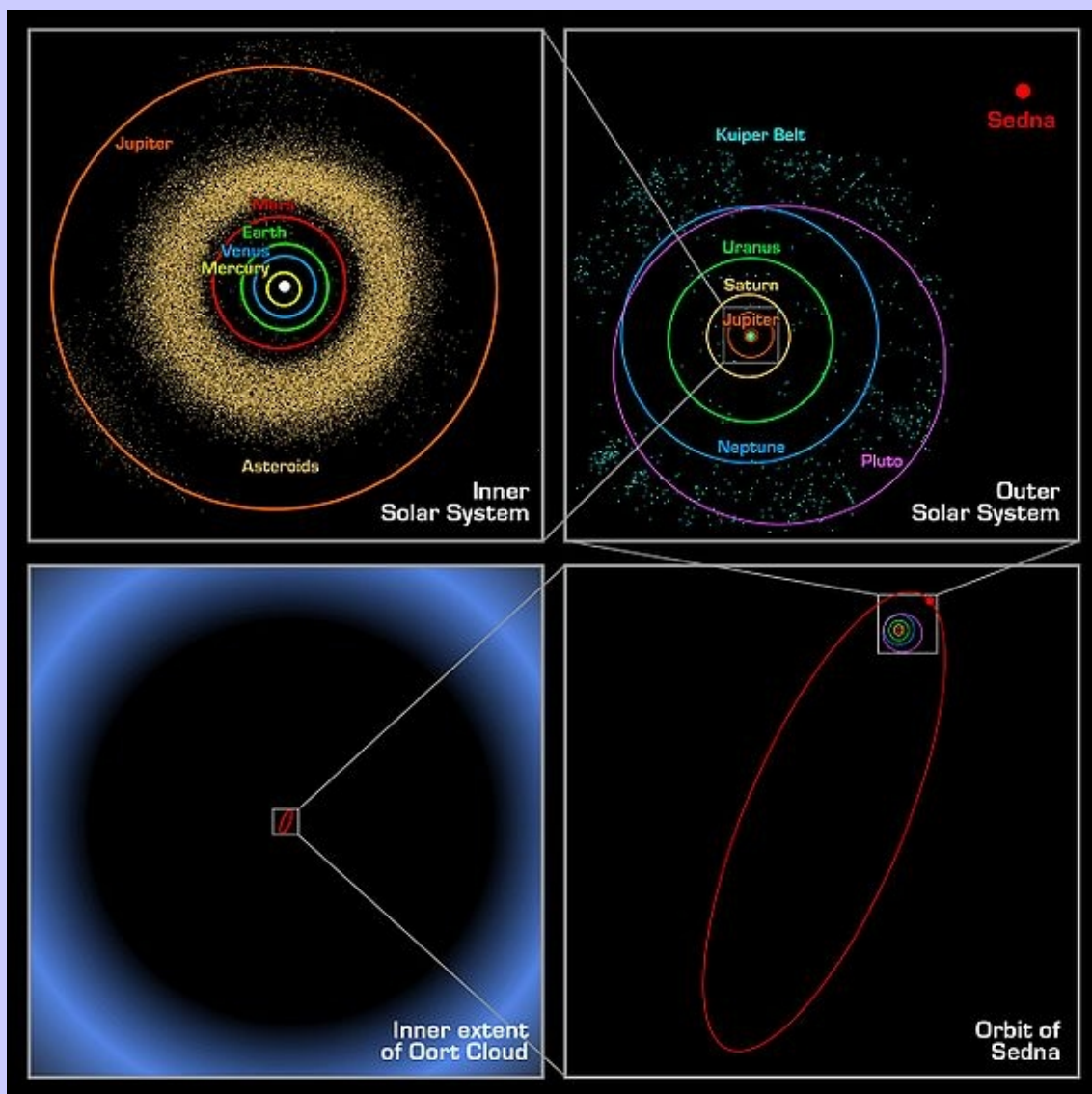


- Istnienie Obłoku Oorta jest hipotezą potwierdzoną analizą liczby i rozkładu komet długookresowych
- 2003 – odkryto obiekt transneptunowy **90377 Sedna**



- **2000 CR105** – prawdopodobnie również planetoida przynależąca do obłoku
- Obłok liczy około 10^{11} obiektów, brył lodowo-skalnych o rozmiarach ok. 10 km. Powstały ok. 4,5 mld lat temu

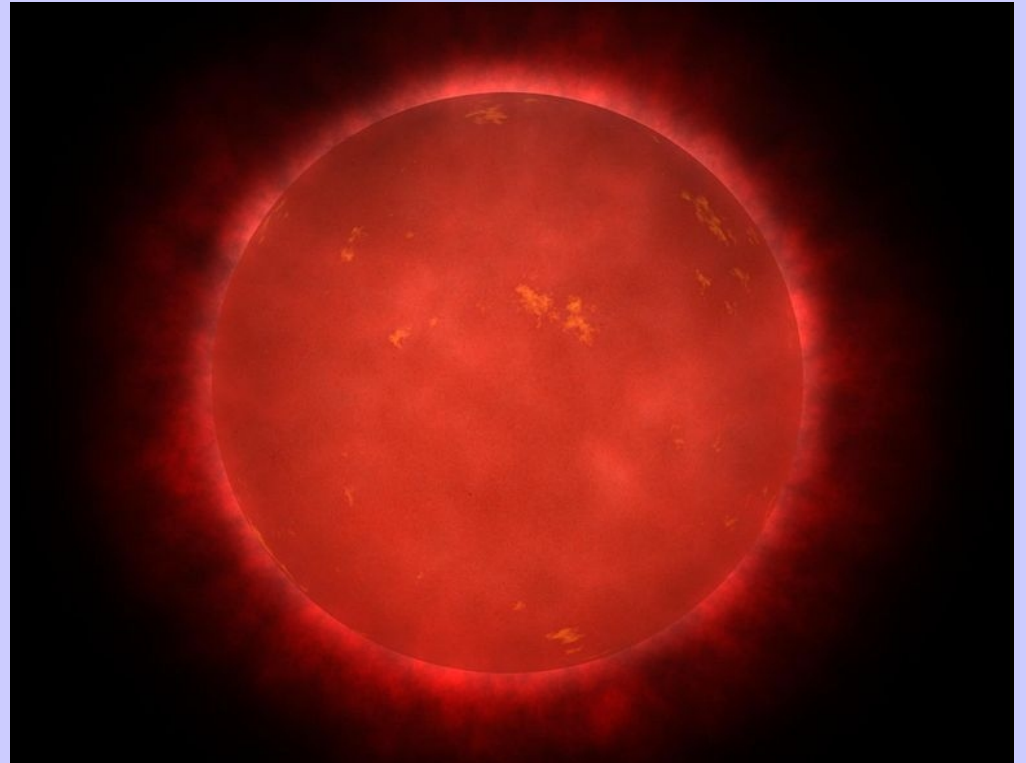
Planetoida 90377 Sedna



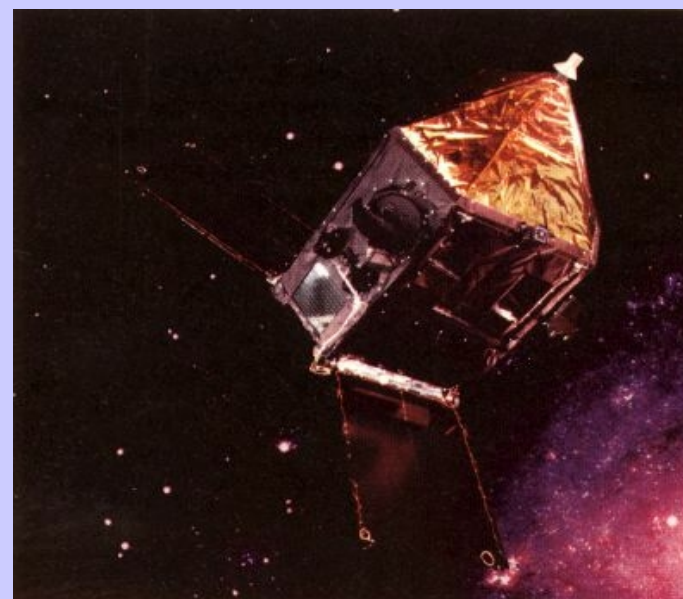
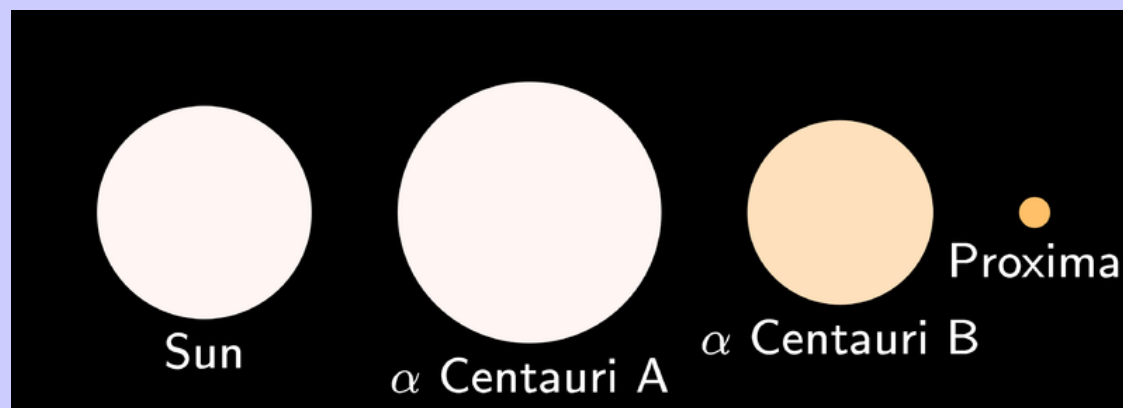
- Okres obiegu wokół Słońca ok. 12.000 lat
- orbita silnie wydłużona, $e=0.855$
- średnia odległość od Słońca 525 j.a
- obecnie zbliża się do Słońca, w 2075 r. osiągnie peryhelium w odl. 76 j.a.

2. Proxima Centauri (skala 0,4 pc)

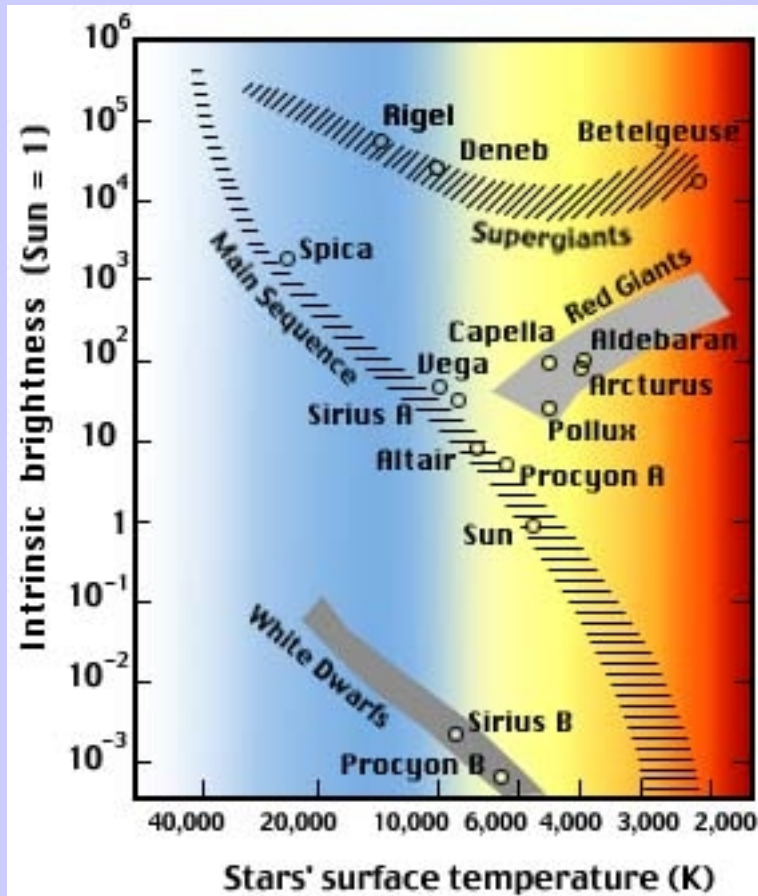
- Nasza najbliższa gwiazda:
odległość 4,22 lat św.
- Nie widać jej gołym okiem
- odkryta w 1915 roku
- Czerwony karzeł:
 $M=0,107 M_{\odot}$
 $R=0,145 R_{\odot}$
 $L = 1/10.000 L_{\odot}$
- Silne pole magnetyczne,
powoduje rozbłyski



- Proxima jest układem potrójnym, towarzyszem układu Alpha Centauri A,B
- Odległość 15.000 j.a. od głównego składnika układu
- Związek fizyczny 3 gwiazd potwierdziły obserwacje satelity Hipparcos



3. Procjon (skala 4 pc)



- Odległość 3,5 pc (11,3 lat św)
- Jasność widoma: 0.38 mag (8 z najjaśniejszych gwiazd)
- Leży w gwiazdozbiornie Małego Psa
- Gwiazda podwójna:
 $d = 15 \text{ j.a.}$
 $P_{\text{orb}} = 41 \text{ lat}$
- Procjon A: typ F, jasność $L=7,3 L_s$
- Procjon B: 11 wielkości

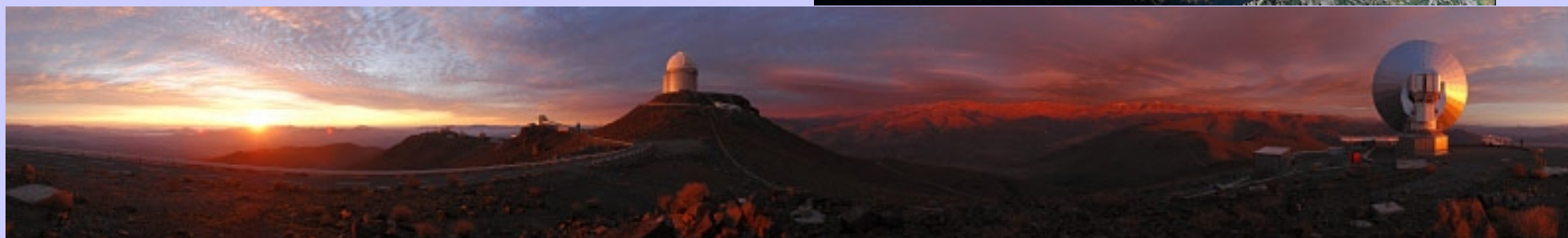
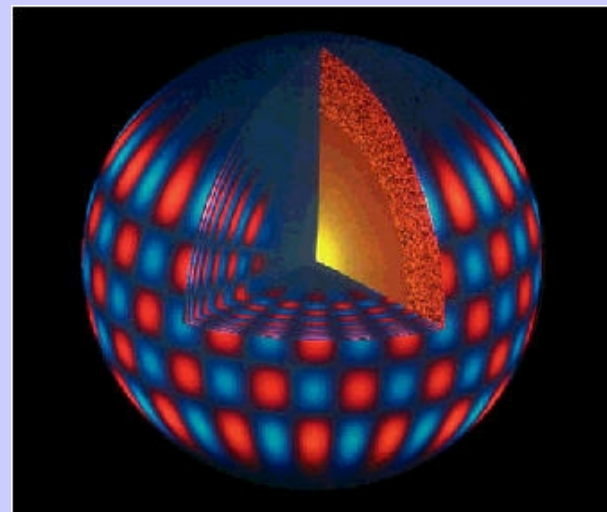
Procjon B: biały karzeł



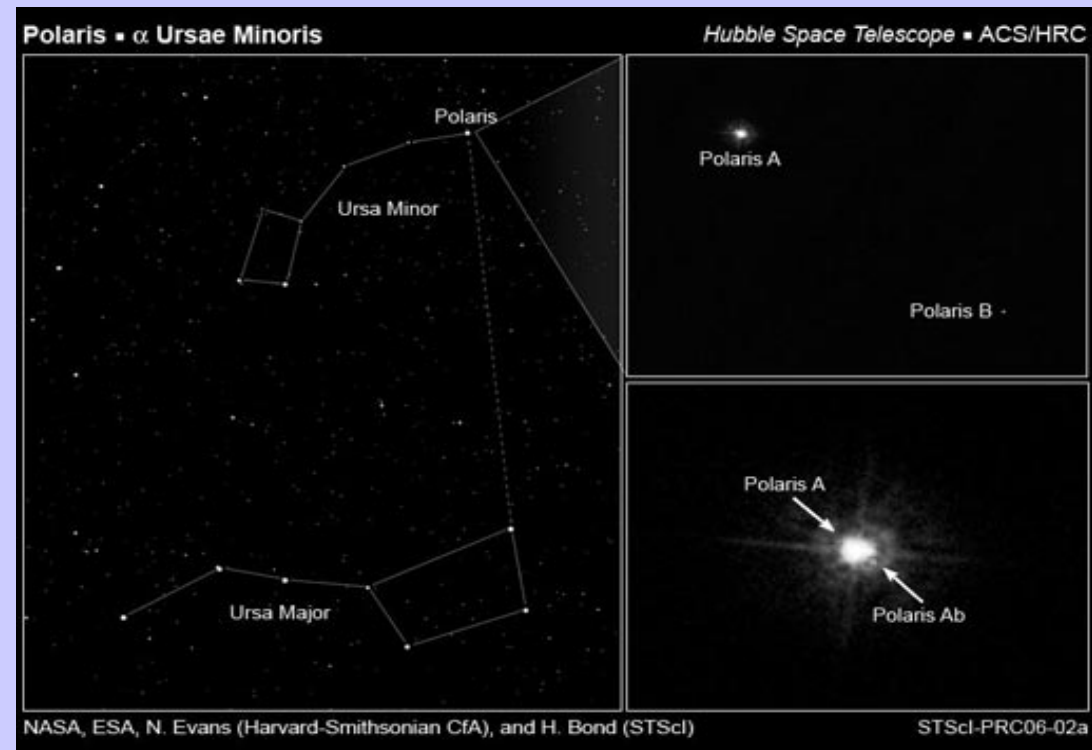
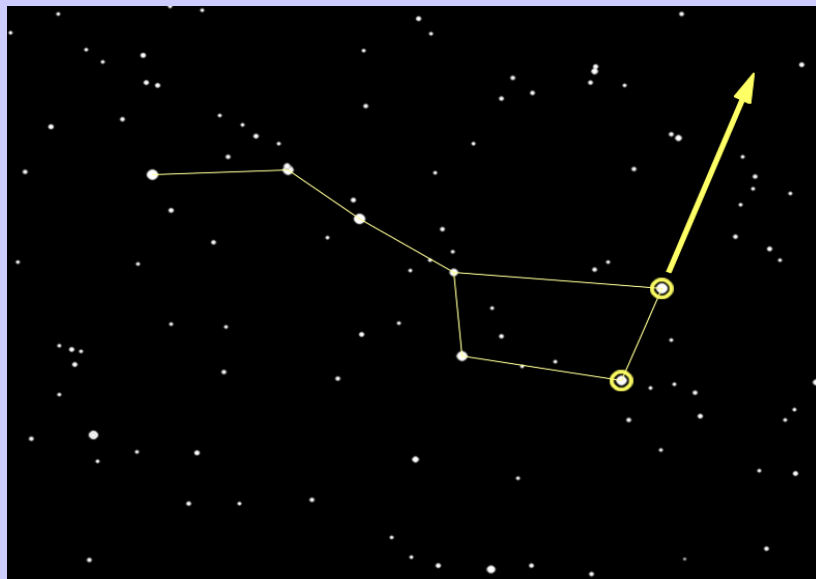
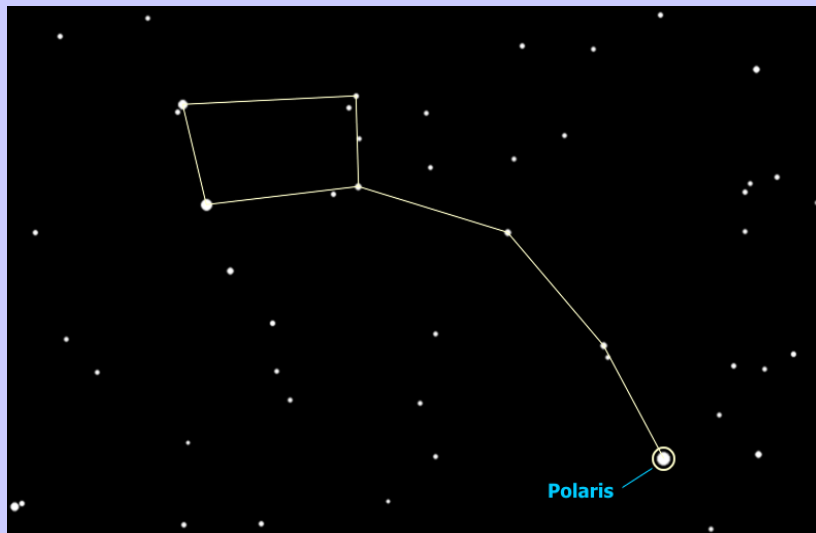
- Masa $0,65 M_{\text{sun}}$ (z ruchu orbitalnego)
- promień $1,3 R_{\text{ziemi}}$ ($T_{\text{pow}} = 7700$ K, ale b. mała jasność widoma)
- gęstość gwiazdy: sięga mld kg/m^3
- Materia zdegenerowana. Nie zachodzą reakcje jądrowe, gwiazda stygnie.

Procjon A: oscylacje

- Gwiazda podobna do Słońca, oscyluje z powodu fal sejsmicznych w jej wnętrzu
- Nowe wyniki fotometrii: Kanadyjski satelita MOST vs. obserwacje z teleskopów naziemnych (LaSilla w Chile)



4. Polaris (skala 40 pc)

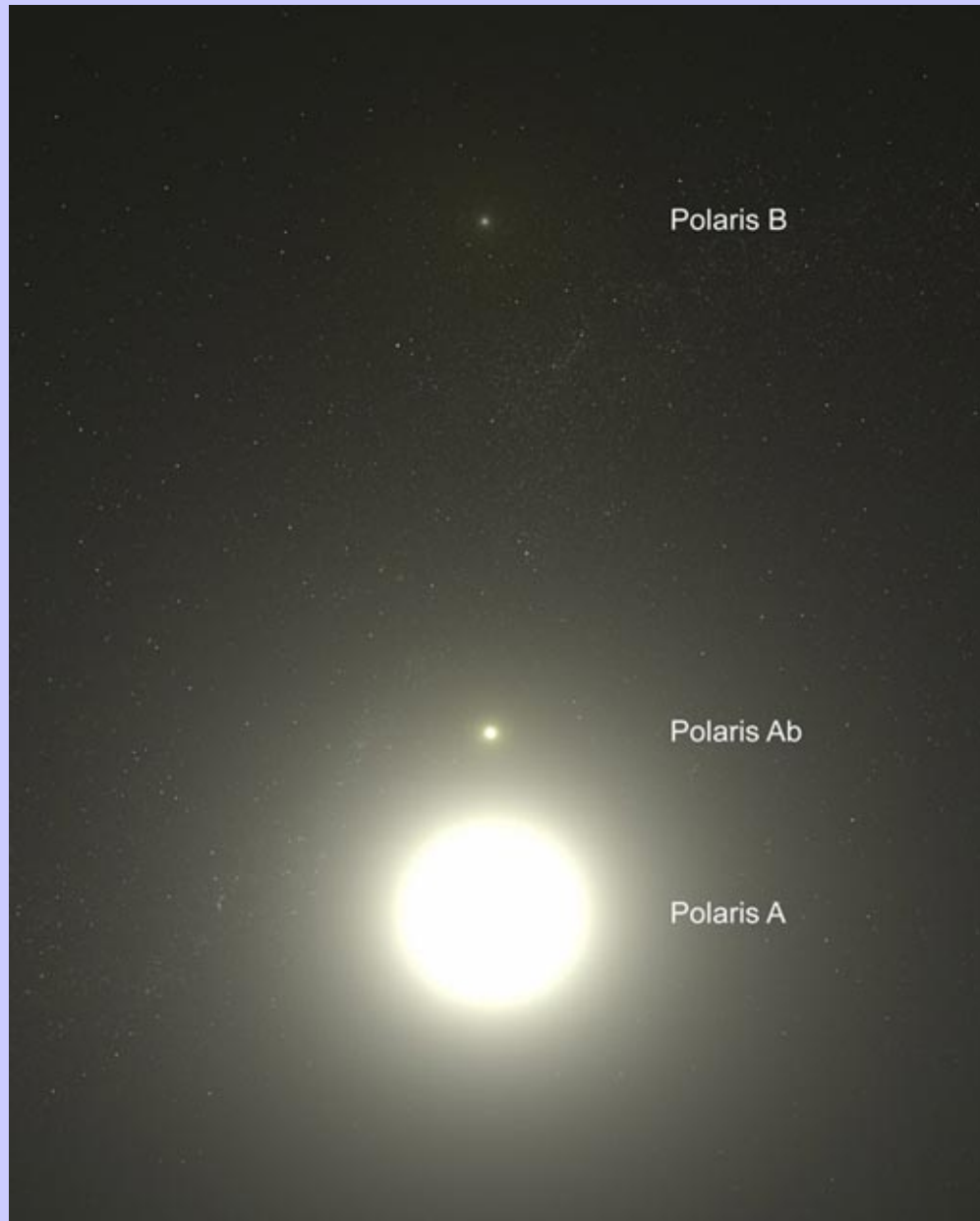


Obecna gwiazda
biegunowa: $\delta = 89^{\circ}15' 50''$

Precesja osi obrotu Ziemi. Gwiazdy
biegunowe się zmieniają

- 3000 lat temu: Thuban (w Smoku)
- za ok. 14 tys. lat: Wega

Polaris: układ wielokrotny



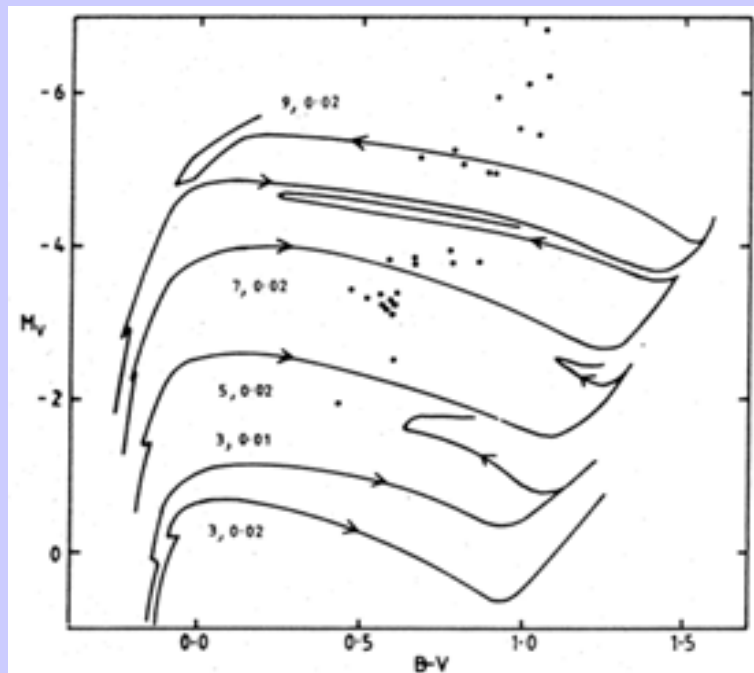
- Polaris A: typu Delta Cephei, masa $4,5 M_{\text{sun}}$

- Polaris Ab: $1,26 M_{\text{sun}}$,

$$P_{\text{orb}} = 30 \text{ lat}$$

- Polaris B: w odległości na niebie 19 sekund łuku

Polaris Aa: Cefeida klasyczna



- Bardzo jasna.
- Należy do klasy olbrzymów, znajduje się na “pasie niestabilności”.
- Odległość Polaris: 430 lat św., jasność absolutna $2,000 L_{\text{sun}}$

1990-2008: zagadkowe obserwacje Polaris: skoki amplitudy i okresu pulsacji

Zależność okres-jasność dla cefeid (H. Leavitt, 1912; ost, kalibracja 1997, dane z Hipparcosa):

$$M_V = -2.81 (\log P [\text{d}]) - (1.43 \pm 0.1)$$

5. Mgławica Koński Łeb (skala 0,4 kpc)

- Mgławica ciemna w gwiazdozbiorze Oriona
- widoczna na tle obszaru zjonizowanego wodoru IC434
- oświetlana przez gwiazdę Sigma Orionis.

Odległość ok. 460 pc,
rozmiar fizyczny: ok. 1 rok
św.



Obraz z 0,9 m teleskopu NOAO w Kitt Peak

Aktywność gwiazdotwórcza

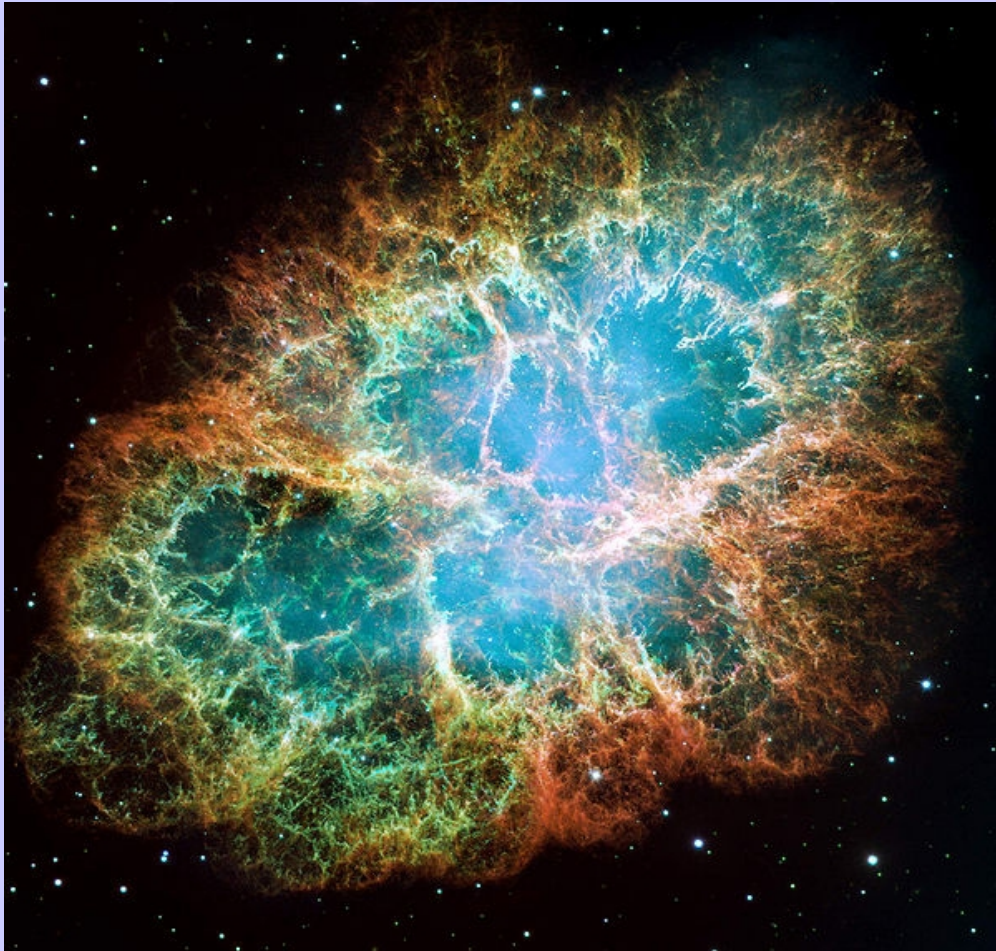


Mgławica jest siedliskiem powstawania nowych gwiazd.

- obserwacje w podczerwieni (satelita Spitzer)
- badanie rozkładu węglowodorów aromatycznych (PAH)
- badanie stopnia polaryzacji światła gwiazd (pole magnetyczne)

Obraz z teleskopu Hubble'a

6. Pulsar Krab (skala 4 kpc)



- Mgławica z “odnóżami”
- widoczna w gwiazdozbiornie Byka.
- Odkryta w 1731 r. przez J. Bevisa.
- Obiekt M1 z katalogu Messiera (1758).
- Odległość ok. 2 kpc

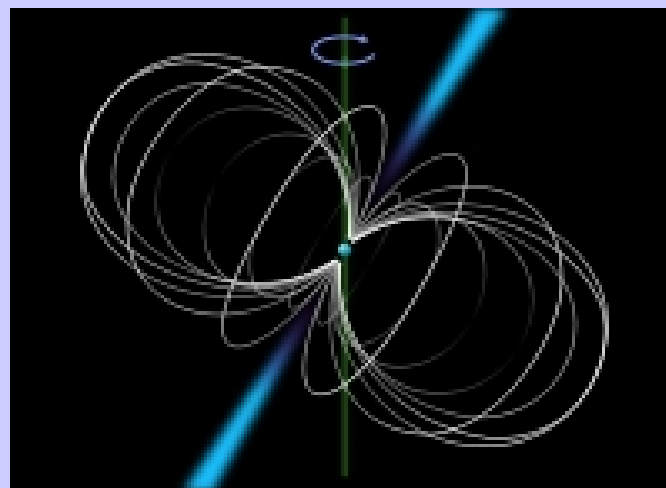
1054 – Chińczycy zaobserwowali w tym miejscu supernową. Była widoczna przez 3 tyg. w dzień i przez 2 lata w nocy

Supernowa w Krabie

- Gwiazda dużo masywniejsza od Słońca, wyczerpała już paliwo jądrowe.
- Zapada się pod wpływem swojej grawitacji.
- Część otoczki jest odrzucona i tworzy mgławicę.
- W centrum pozostaje gwiazda neutronowa.
- Rotacja gwiazdy neutronowej -> zjawisko pulsara



Obraz rentgenowski (Chandra)



Plerion: gorący bąbel

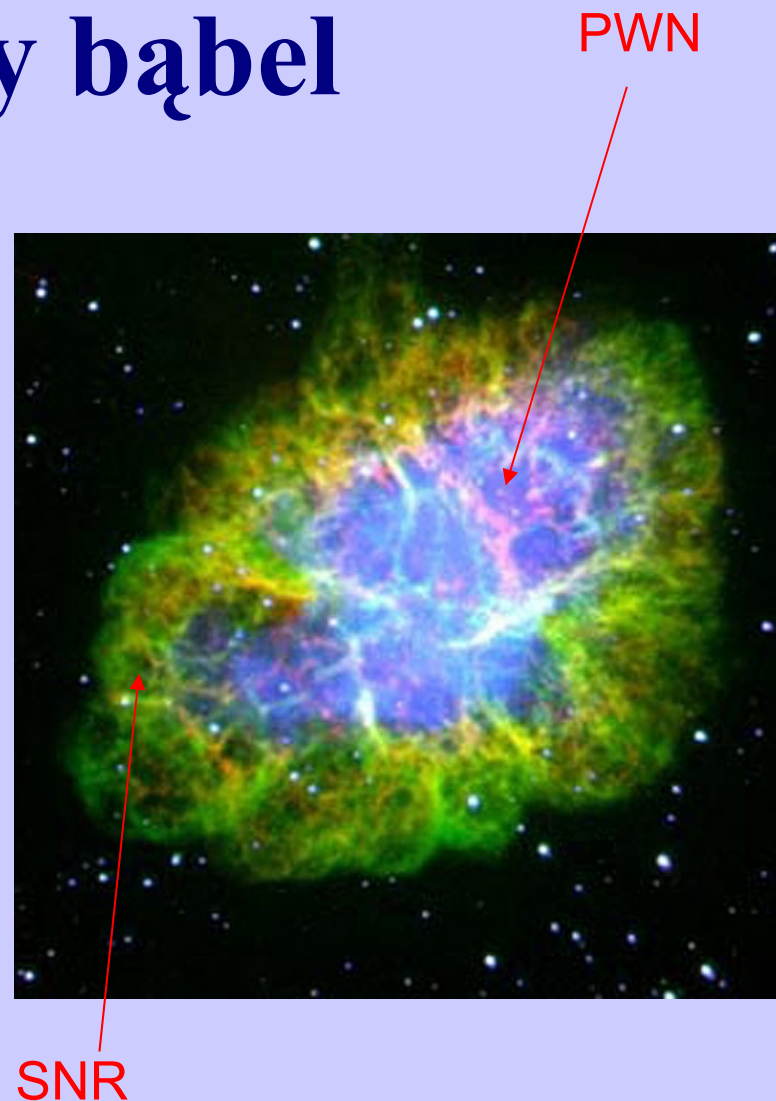
- Pulsar obraca się z okresem 33 ms.
Okres wydłuża się:
 $dP/dt = 4.2e-13$ (energia rotacji
jest wyświecana)

× Część energii unosi
relatywistyczny wiatr pulsarowy.

× Plerion emituje promieniowanie
nietermiczne (synchrotronowe).

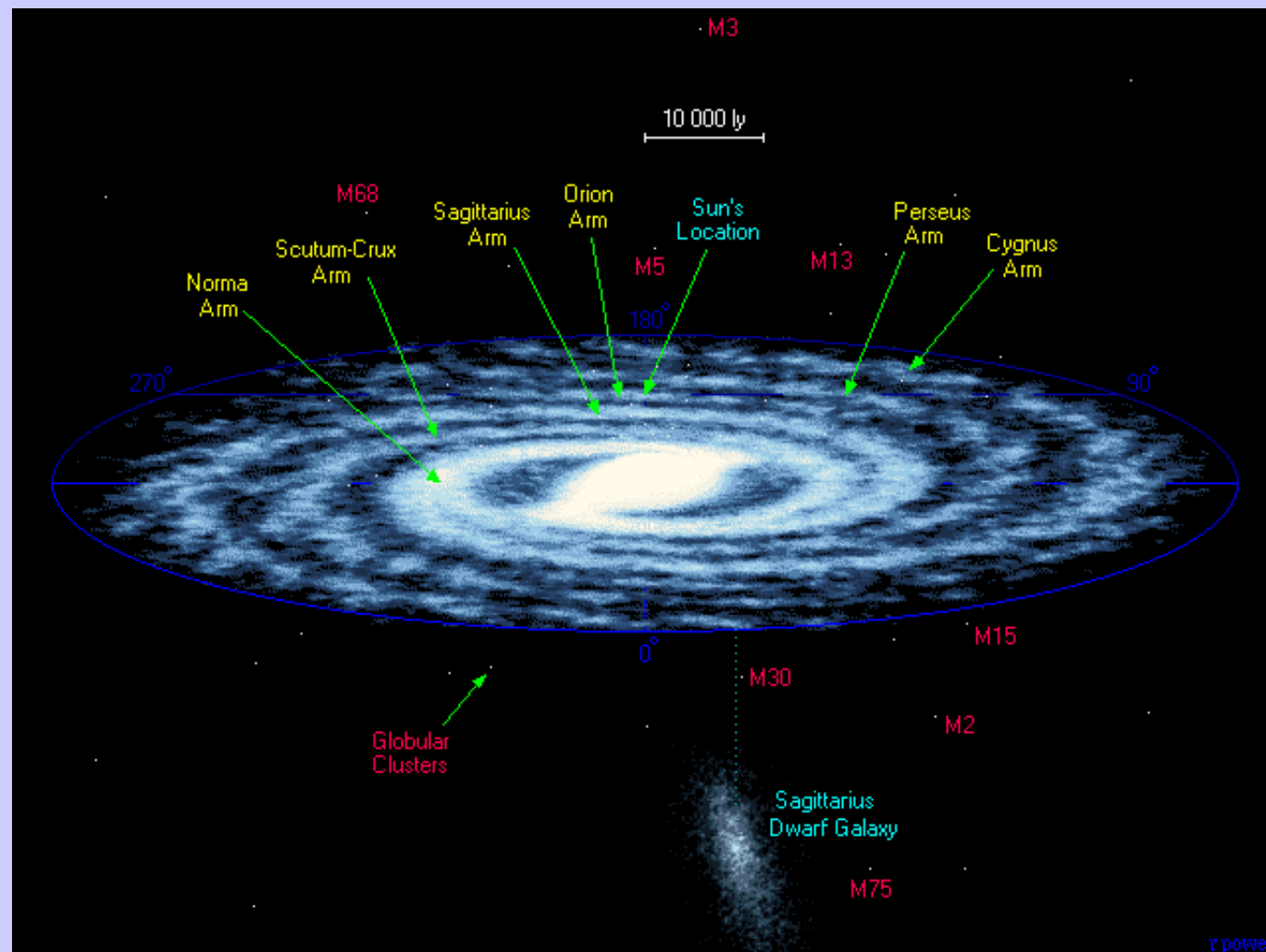
• Na styku wiatru i otoczki tworzą
się fale uderzeniowe -> “odnóża”.

• Pulsar porusza się w przestrzeni:
 $v = 160 \text{ km/s}$

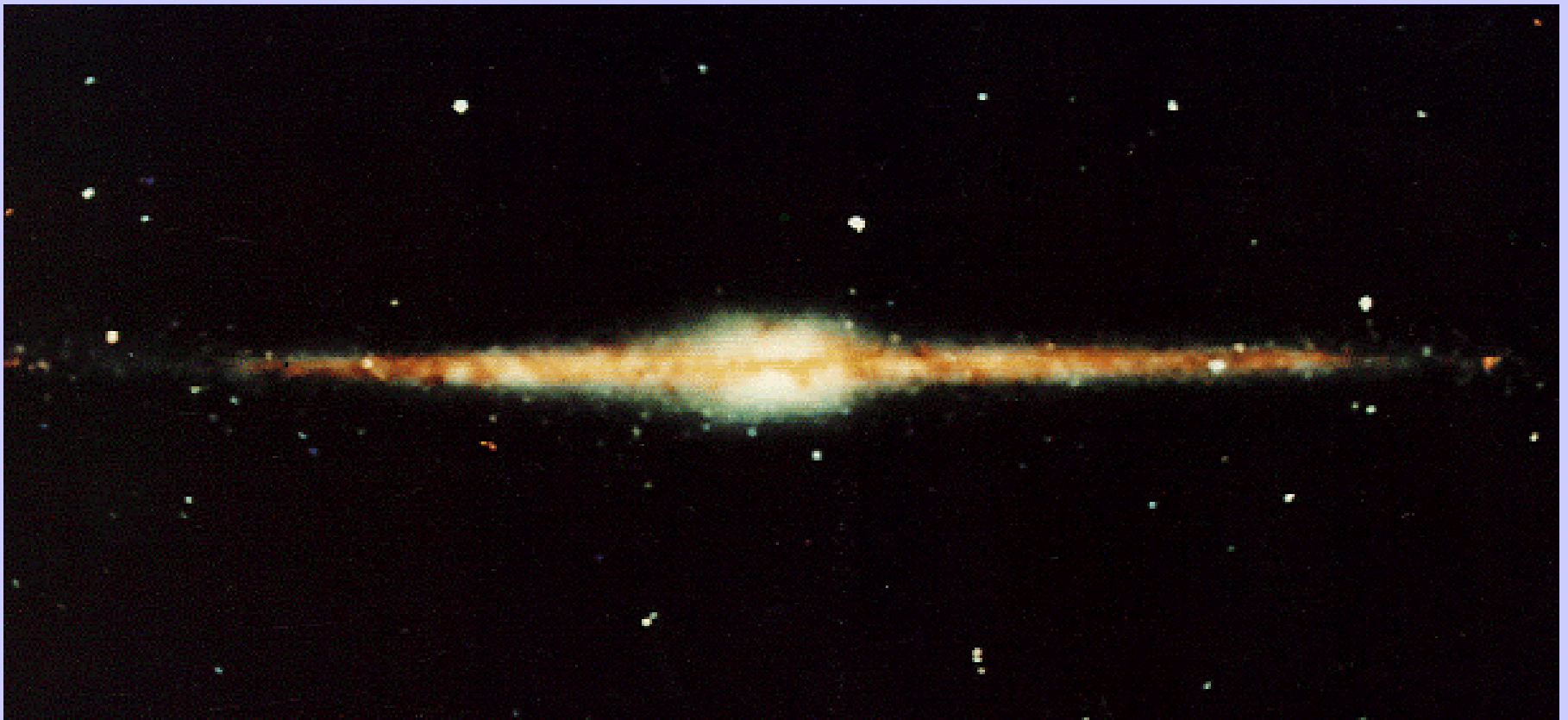


7. Centrum Galaktyki (skala 40 kpc)

*Słońce znajduje się
w odległości 27 tys.
lat świetlnych od
centrum: 8,5 kpc*



Widok Centrum Galaktyki



*Zdjęcie z satelity COBE wykonane w podczerwieni
(1990)*

Sgr A*

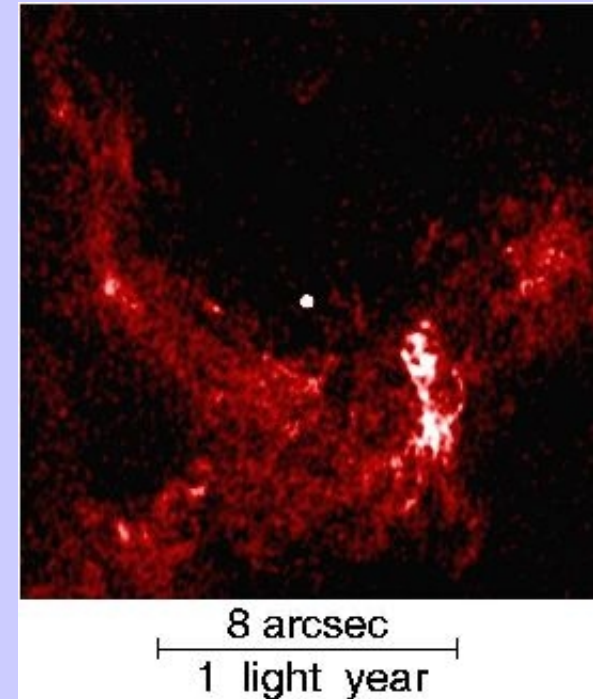
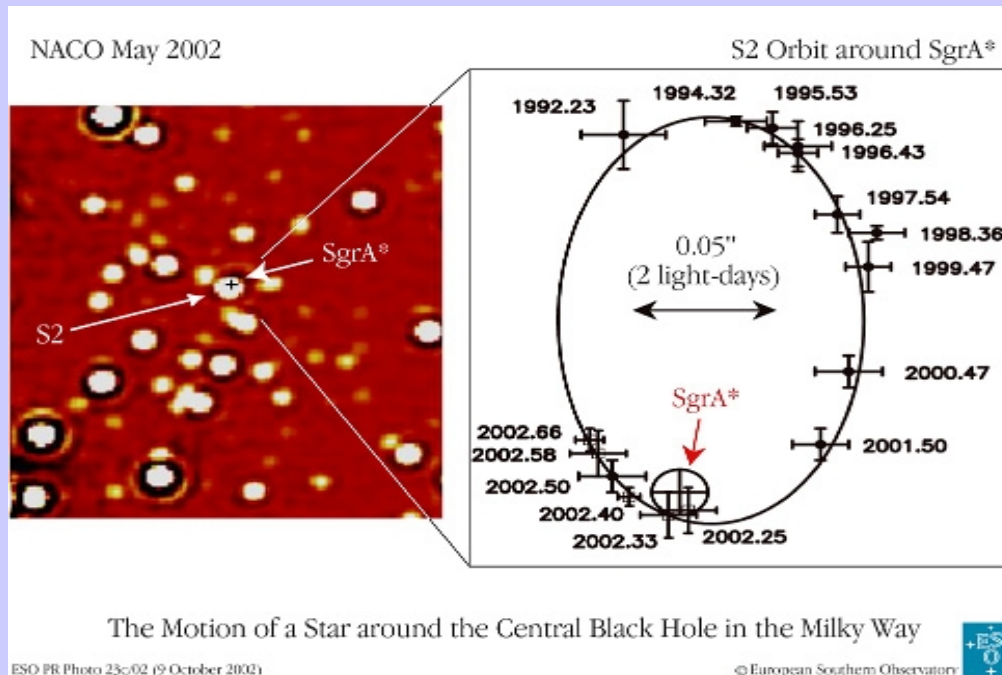


*widok w kierunku
gwiazdozbioru
Strzelca;*

*obraz rentgenowski z
satelity Chandra*

Radioźródło Sgr A*

- Niewidoczna masa centralna: około 3,6 mln M_{sun}
- Obserwacje teleskopem ESO LaSilla: ruch 28 gwiazd wokół centrum
- Gwiazda S2: pełny obieg w okresie 16 lat



Mapa z VLA

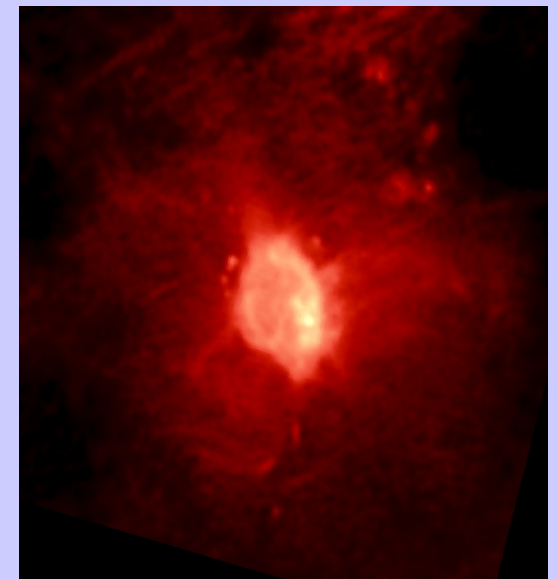
Co się kryje w Centrum?



- Masywna czarna dziura
- Gwiazdy
- Pierścień pyłowy
- Zjonizowany gaz
- Pozostałości po supernowych

★Szybkie rozbłyski rentgenowskie (co 17 min.)

★Obraz radiowy: wydłużony obszar emisji.
Dżet? Dysk akrecyjny?



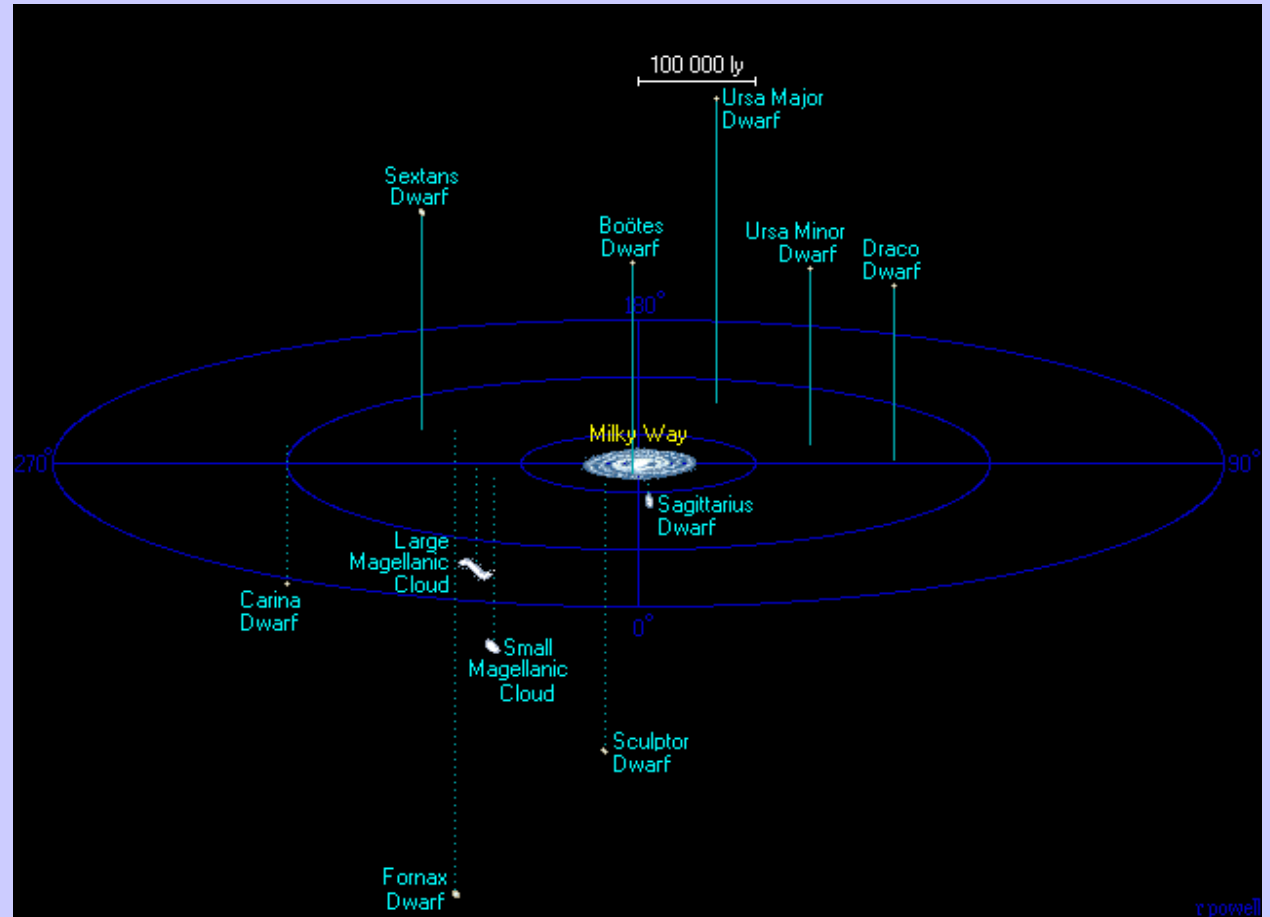
8. Galaktyka Fornax (skala 0,4 Mpc)



- Odległość 460 lat św.
- Sferoidalna galaktyka karłowata, członek Grupy Lokalnej
- Prędkość radialna: 53 km/s względem Galaktyki
- Ruch własny: 196 km/s
- Zawiera liczne gromady kuliste, w tym NGC 1049

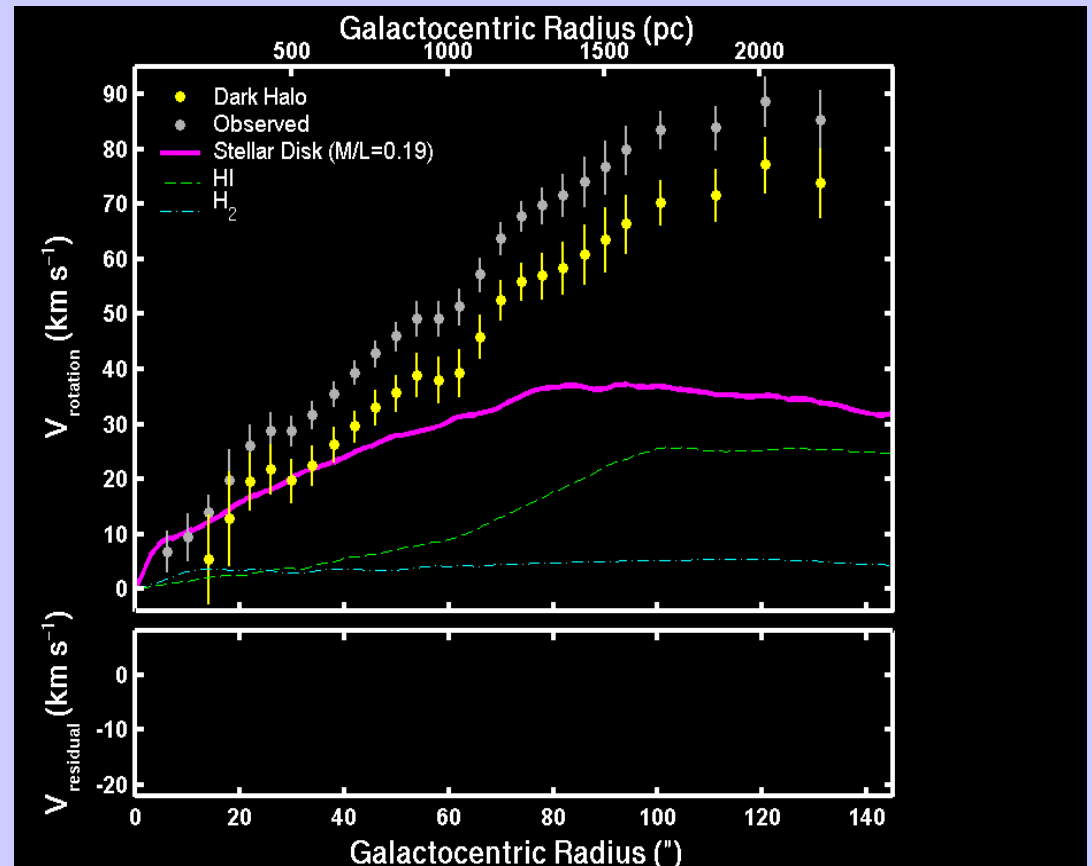
Najbliższe sąsiedztwo

*Galaktyka M31
(Andromedy)
odległa o 2,4 mln l. św.,
Droga Mleczna, oraz
M32, M110 i ok. 30
innych tworzą Grupę
Lokalną*



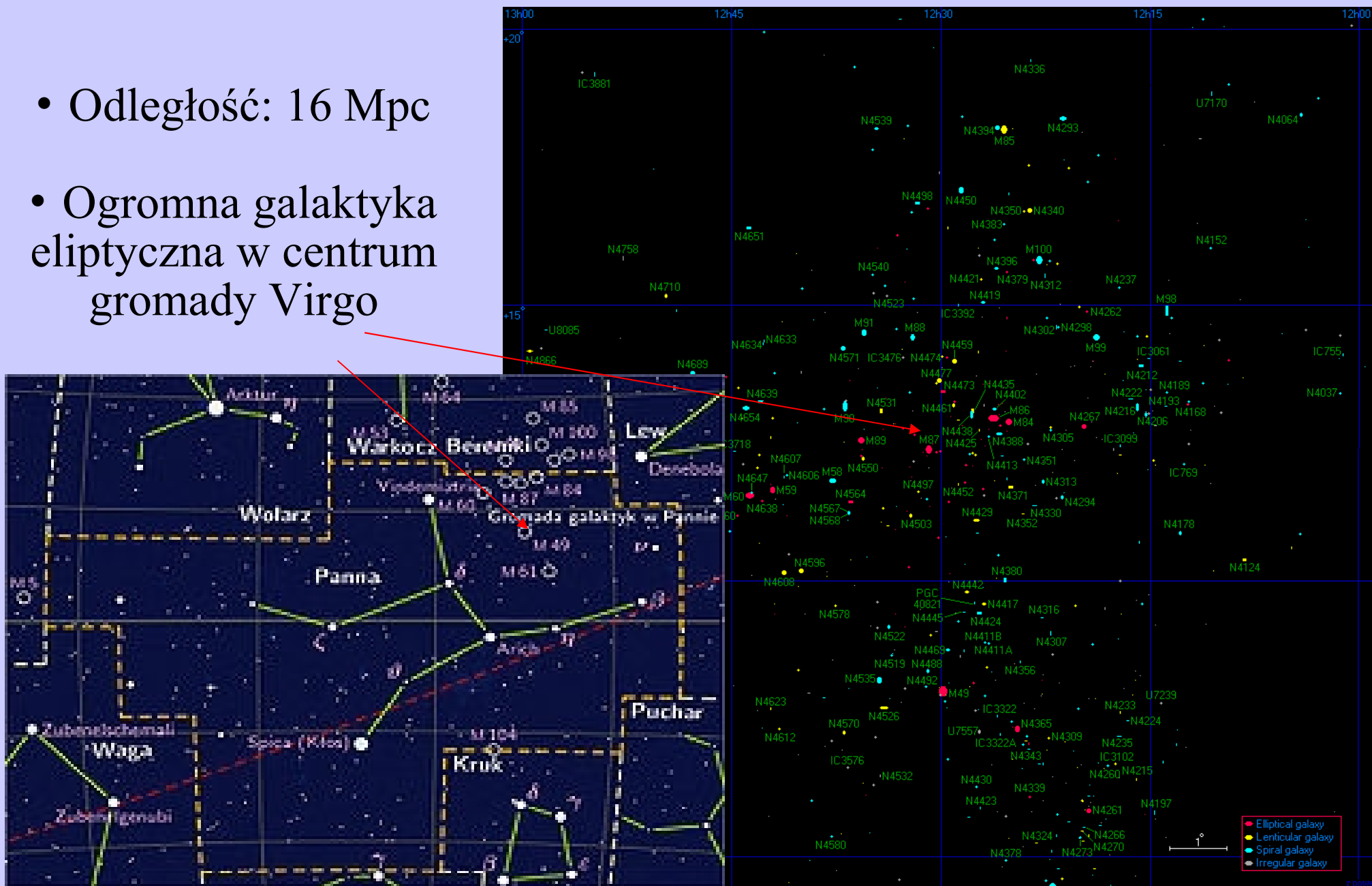
Ciemna materia w karłach

- Galaktyki karłowate mają 3-krotnie większą masę niż masa ich gwiazd
- Pozostała masa to tzw. ciemna materia
- Ciemna materia nie świeci, ale oddziałuje grawitacyjnie
- Nieznane cząstki?



9. Galaktyka M87 (skala 4 Mpc)

- Odległość: 16 Mpc
- Ogromna galaktyka eliptyczna w centrum gromady Virgo



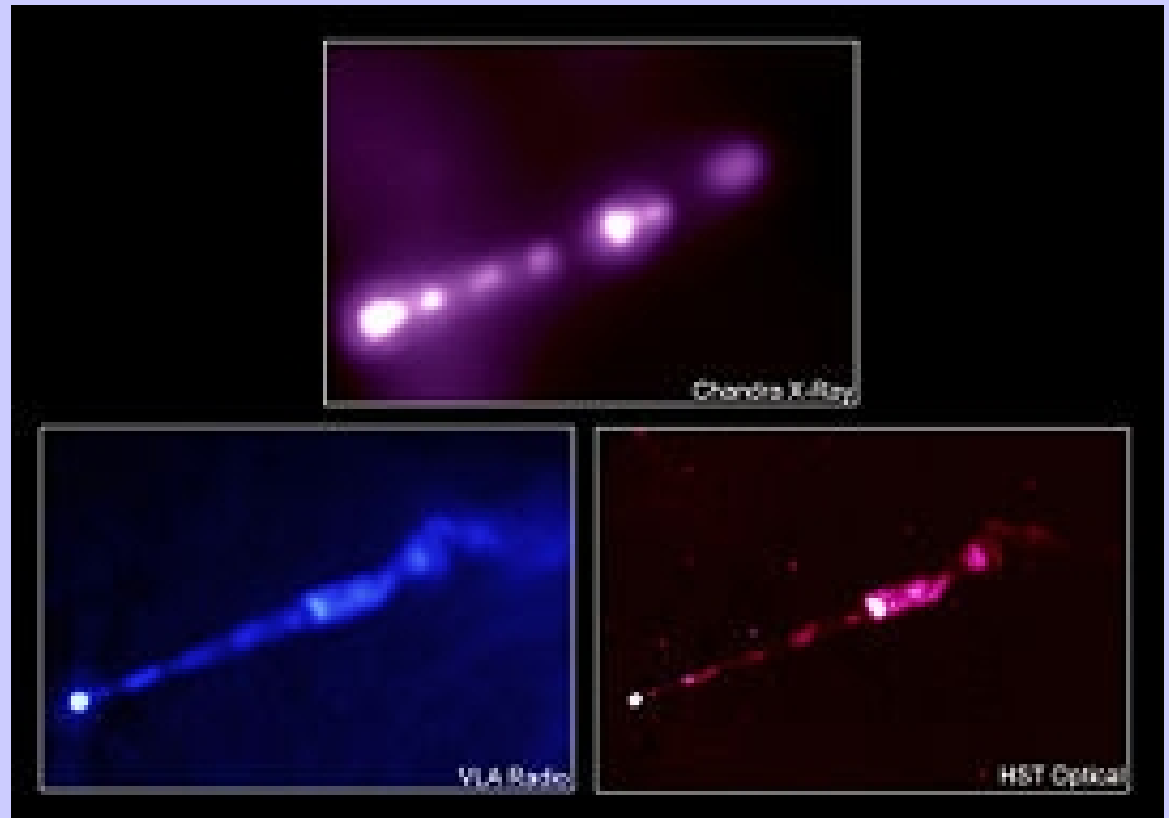
M87: Galaktyka aktywna

- Zawiera 12 tys. Gromad kulistych
- Galaktyka aktywna: linie emisyjne typu gal. Seyferta
- Promień świetlny (1918, H. Curtis) -> dżet
- Pierścieniowe struktury w gromadzie -> ślady wcześniejszej aktywności

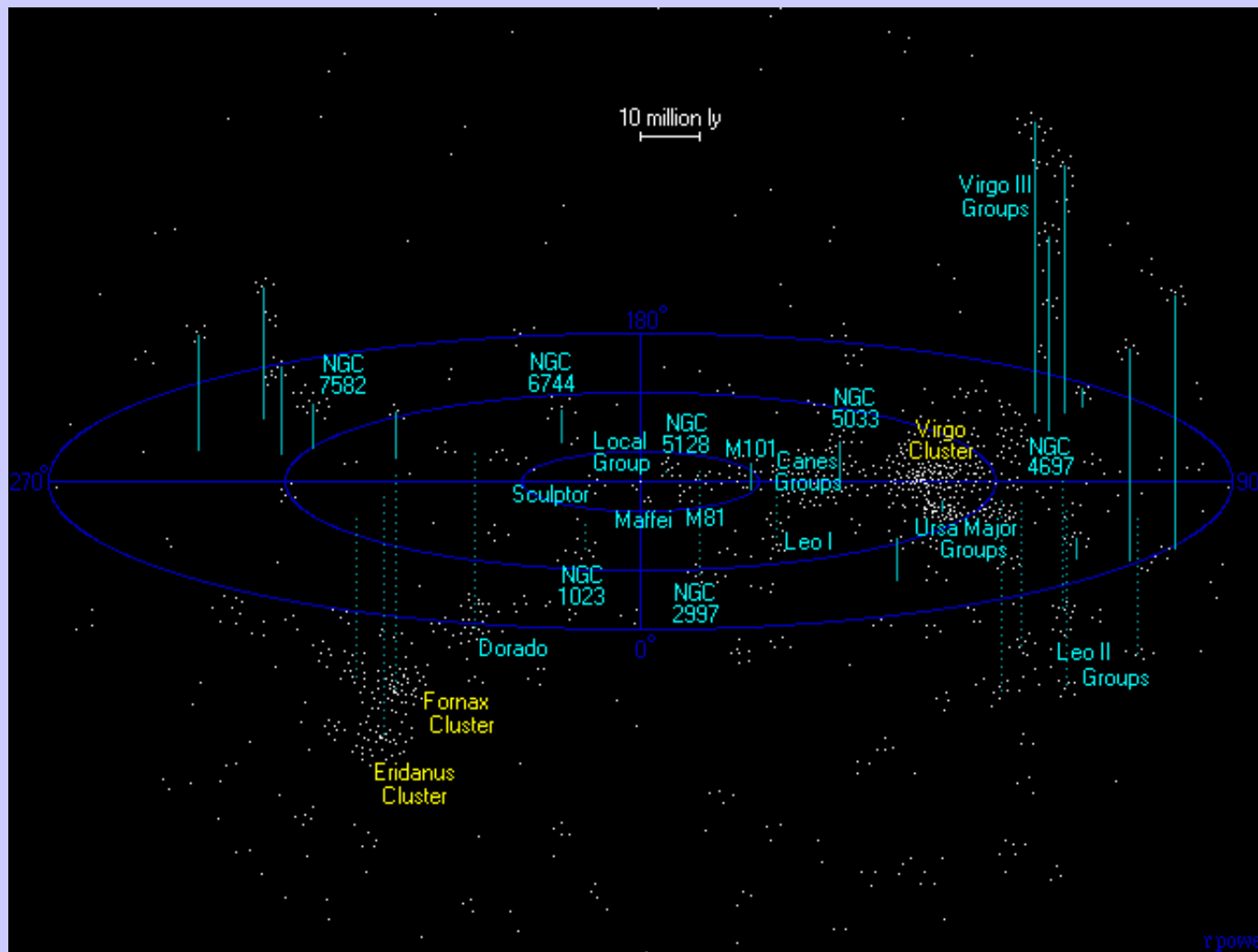


Dżet w M87

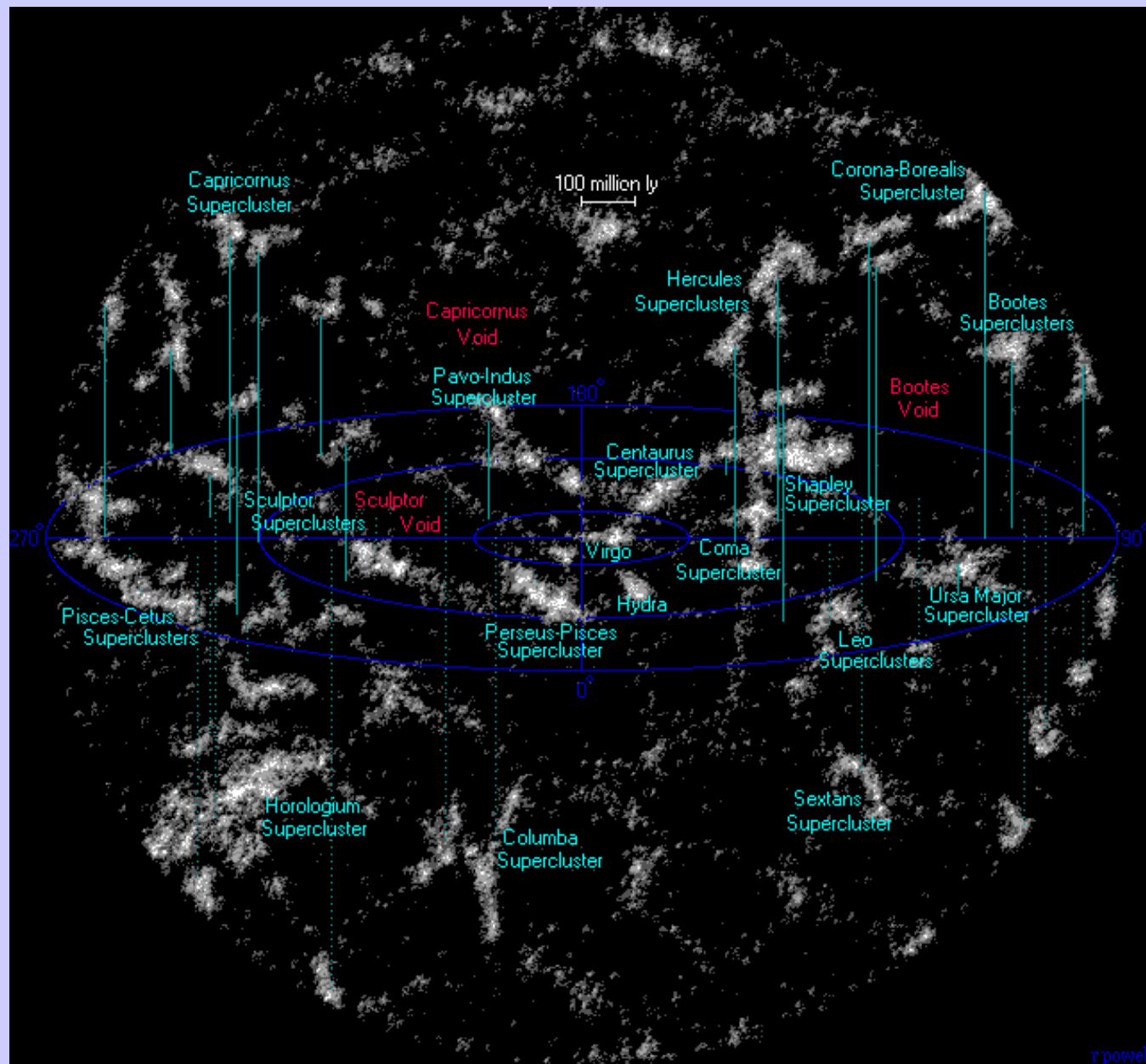
- Świeci w Opt, radio, X, Gamma
- Pozornie nadświatlna prędkość
- Jest wyrzucany z okolic czarnej dziury o masie $3,6 \cdot 10^9 M_{\text{sun}}$



Supergromada w Pannie

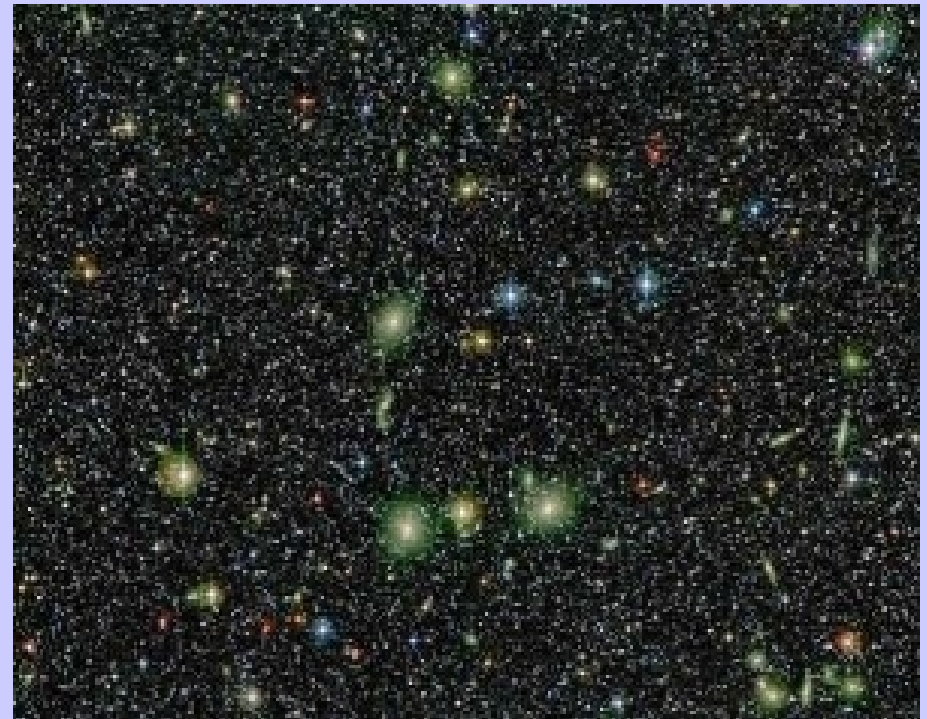


Najbliższe supergromady

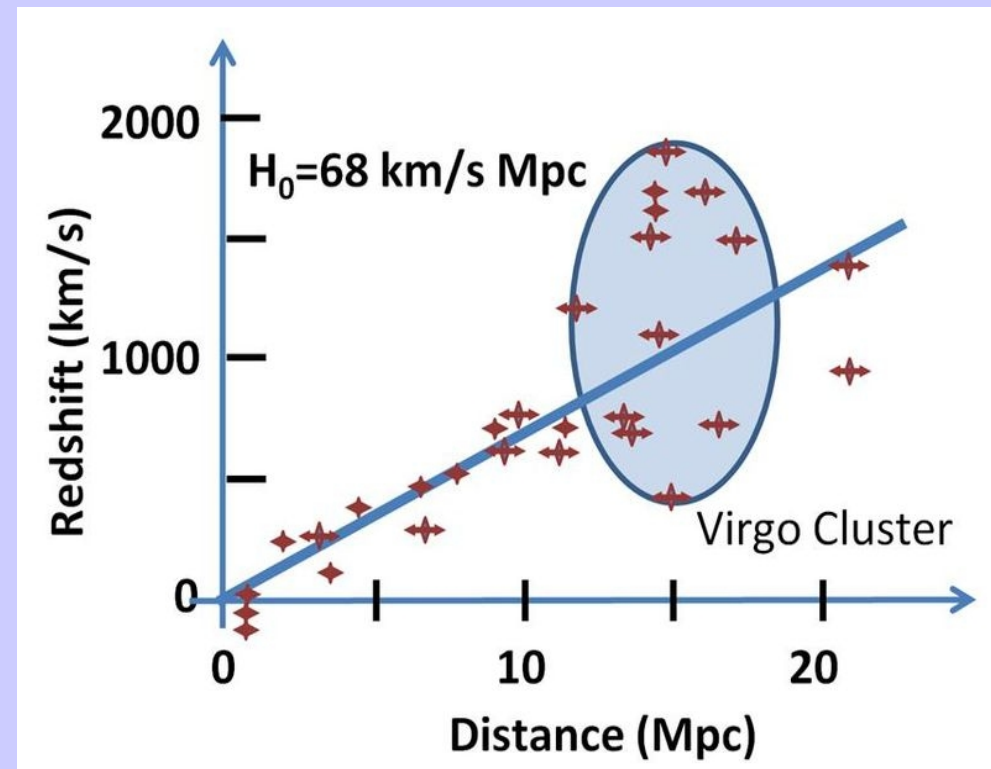
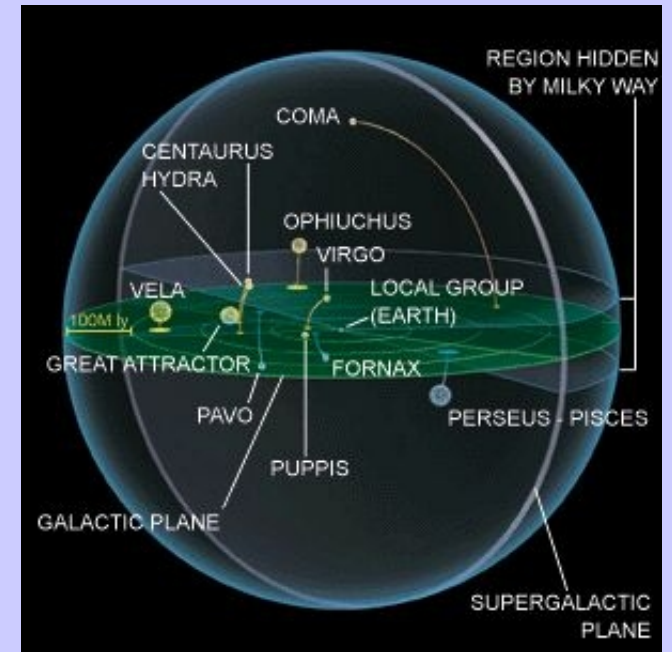


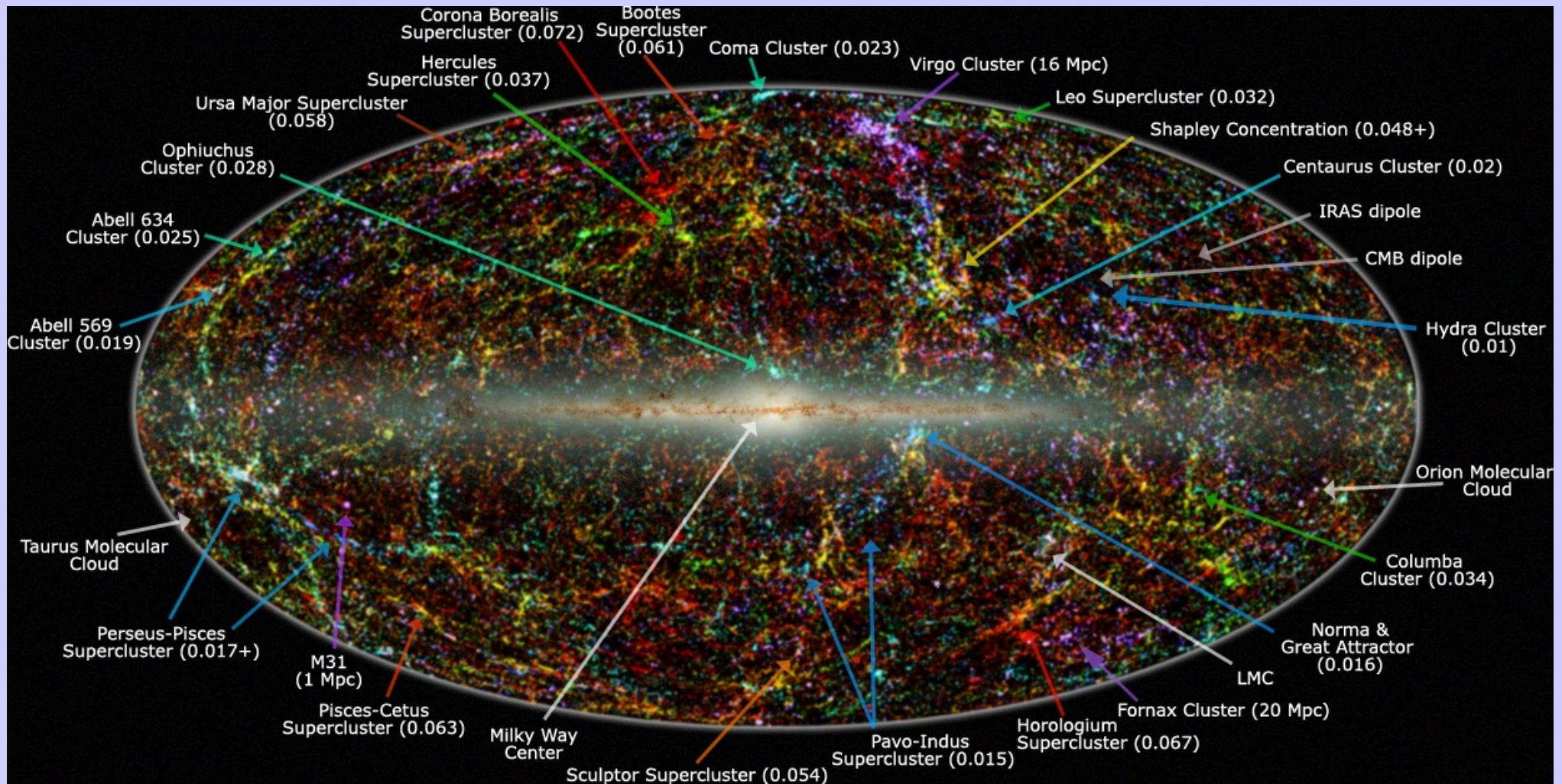
10. Wielki Atraktor (skala 40 Mpc)

- Skupisko gromad galaktyk
- Leży w gwiazdozbiorze Centaura i Hydry
- Odległość ok. 150 mln. lat św.
- Przyciąga galaktyki z supergromady lokalnej w prędkością ok. 600 km/s
- Jego masa to około $5 \cdot 10^{16} M_{\text{Sun}}$



- Anomalia grawitacyjna: zaburzenie przepływu galaktyk zgodnego z prawem Hubble'a.
- Po raz pierwszy stwierdzona w latach 1970.
- 1986 – odkrycie Wielkiego Atraktora

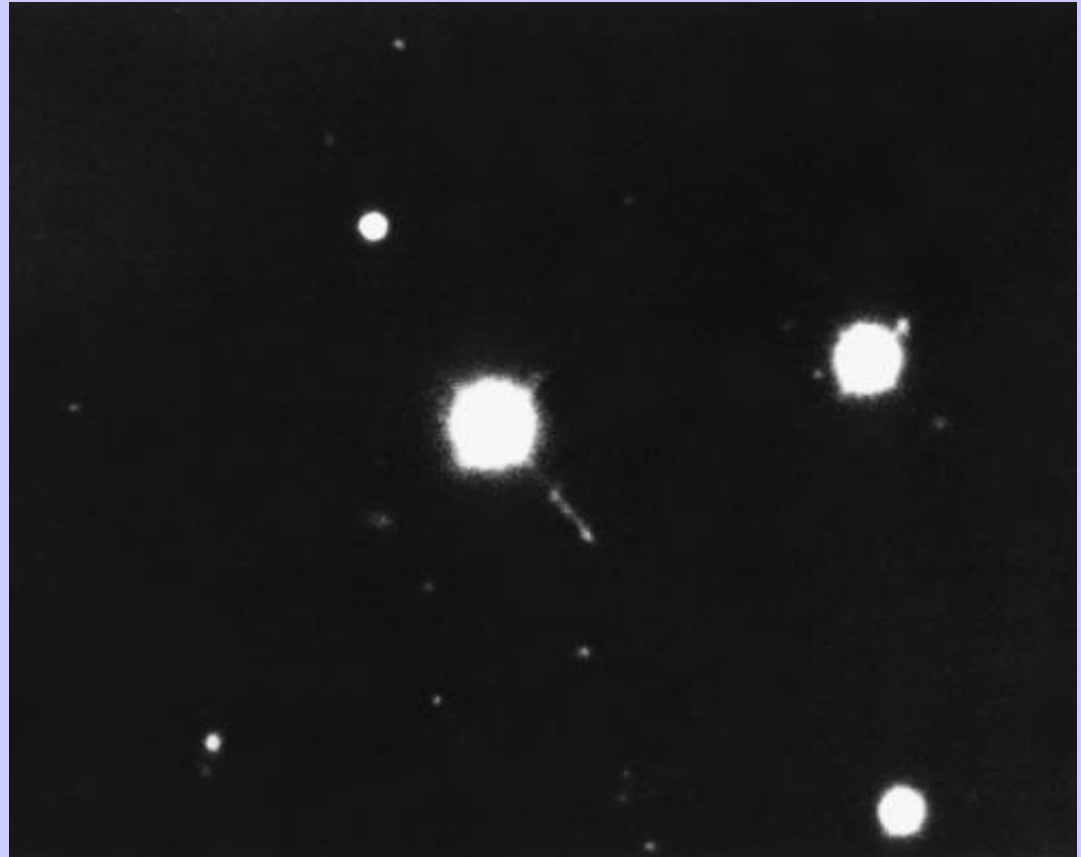




Obserwacje przepływów wielkoskalowych są bardzo utrudnione: “strefa unikania” w płaszczyźnie Drogi Mlecznej

11. Kwazar 3C 273 (skala 0,4 Gpc)

- Optycznie najjaśniejszy kwazar na niebie ($m_v = 12.9$)
- Jeden z najjaśniejszych absolutnie kwazarów, $M = -26.7$
- Jeden z najbliższych:
 $z = 0.158 \rightarrow D_L = 2.44$ Glat św.,
czyli ok. 750 Mpc
- Odkryty jako radioźródło (1959), odpowiednik optyczny i przesunięcie ku czerwieni (1963)
- Źródło rentgenowskie (1970)

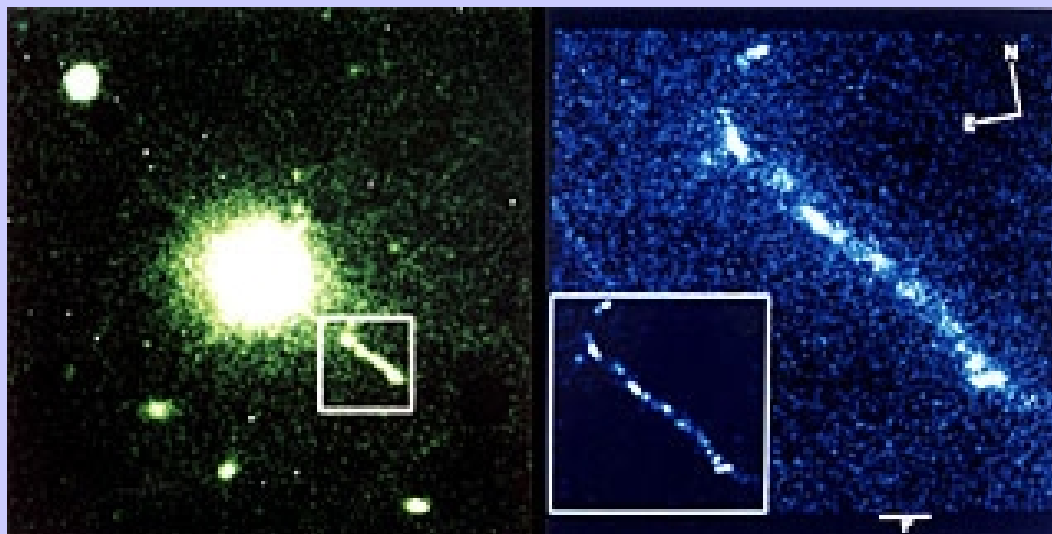


Dżet w 3C 273

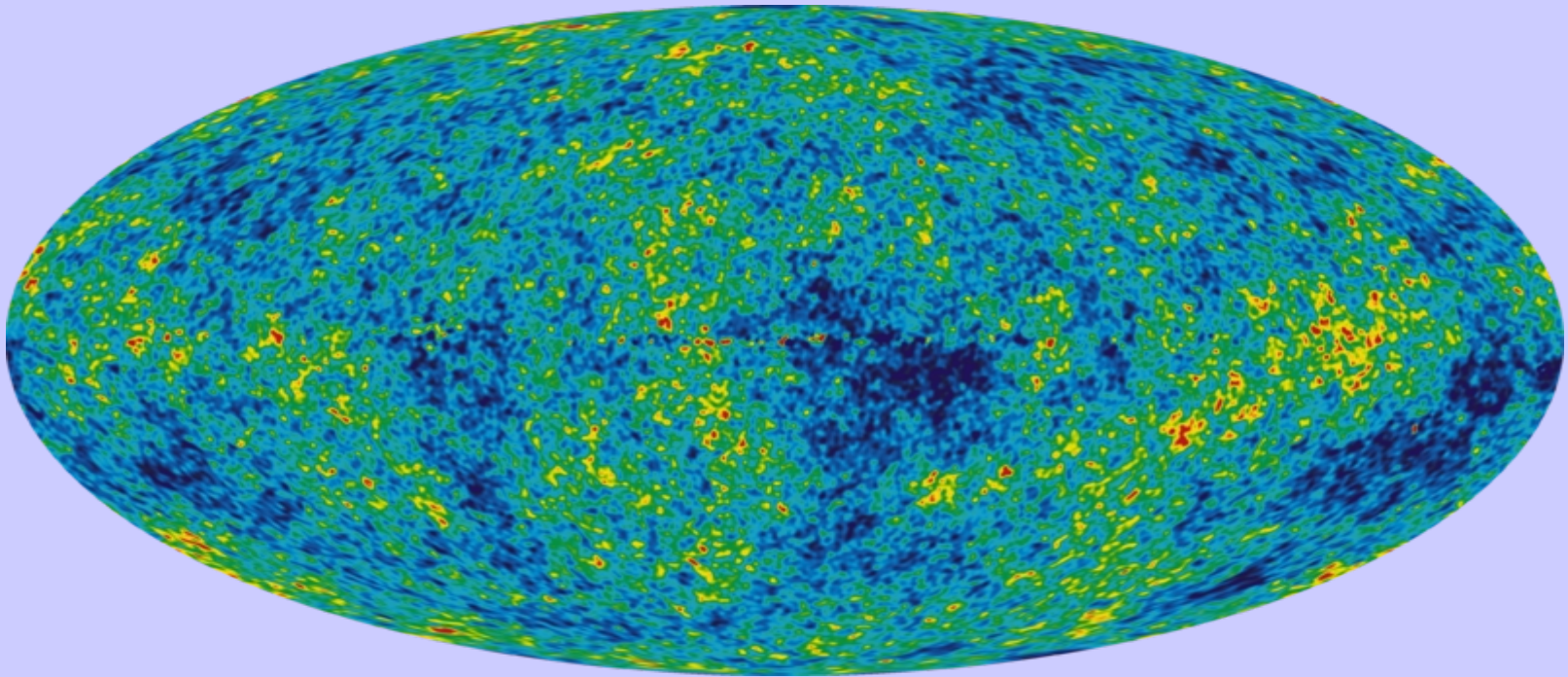


Obraz z Hubble Space Telescope

- Wielkoskalowy dżet: rozmiar ok. 60 kpc
- Świeci w Opt, radio, X
- Promieniowanie synchrotronowe
- Obserwacje HST: morfologia “kłaczkowata”

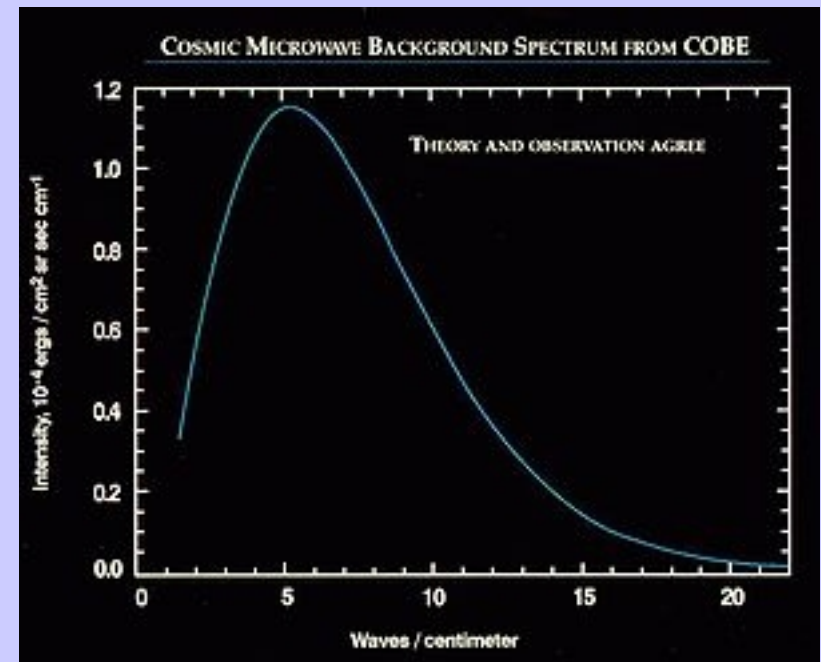
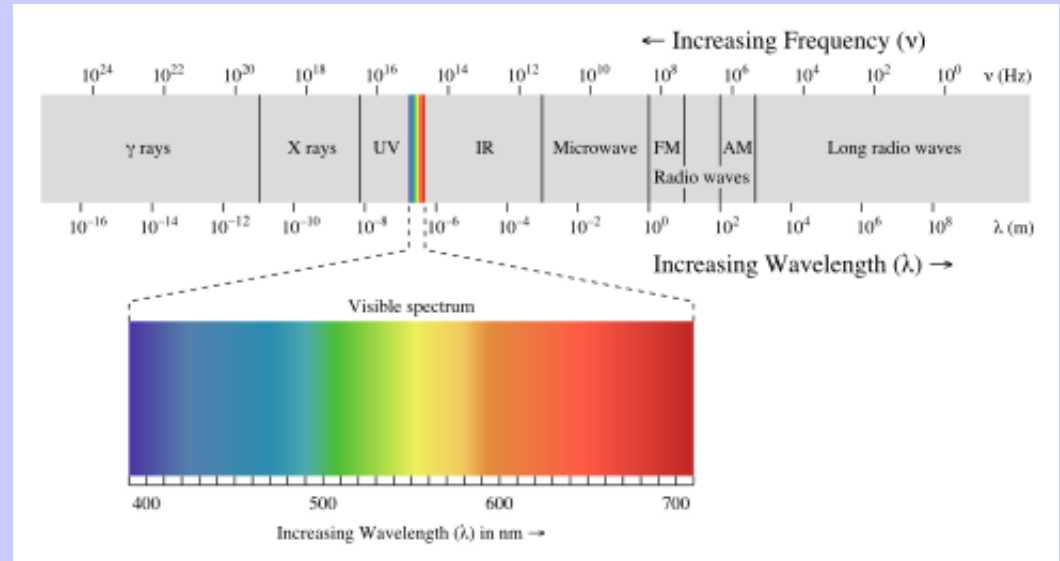


12. Mikrofalowe promieniowanie tła (skala 4 Gpc)



Mapa z satelity WMAP

- Promieniowanie tła wypełnia cały Wszechświat.
- Maksimum natężenia w zakresie mikrofalowym.
- Temperatura $T=2.725\text{ K}$
- Odkryte w 1968 r. (Penzias i Wilson; 1970-> nagroda Nobla)
- Powstało tuż po Wielkim Wybuchu



- Niewielkie anizotropie:
 $dT/T \sim 10^{-5}$
- są śladem początkowych
niejednorodności w rozkładzie
materii
- Dopasowanie modelu
kosmologicznego do danych z
WMAP dało najnowsze wyniki:

$$H_0 = 71.9 \pm 2.7 \text{ [km/s/Mpc]}$$

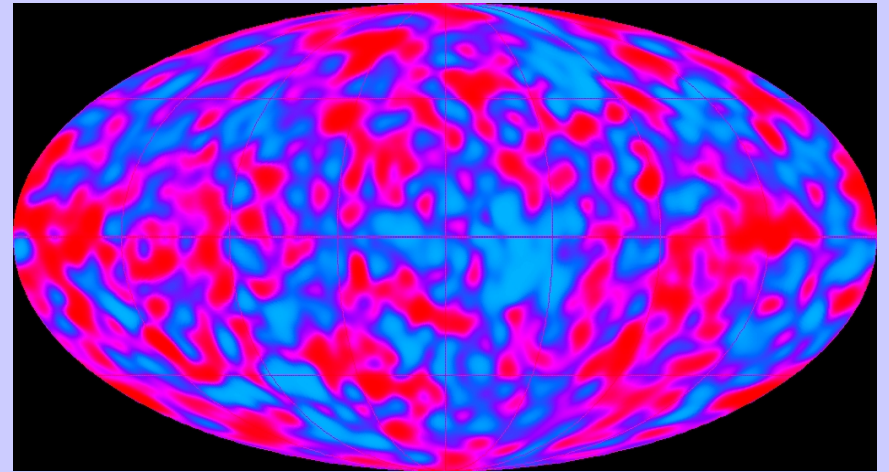
$$\Omega_{\text{barion}} = 0.0227 \pm 0.0006$$

$$\Omega_{\text{CDM}} = 0.109 \pm 0.006$$

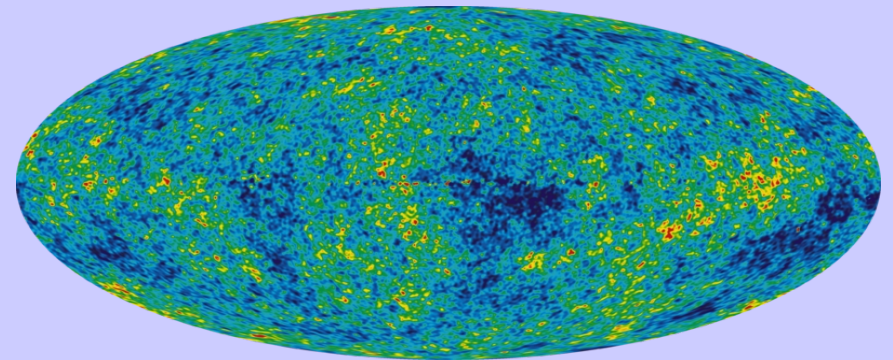
$$\Omega_{\lambda} = 0.742 \pm 0.030$$

$$\Omega_{\text{tot}} = 1.099^{+0.1}_{-0.085}$$

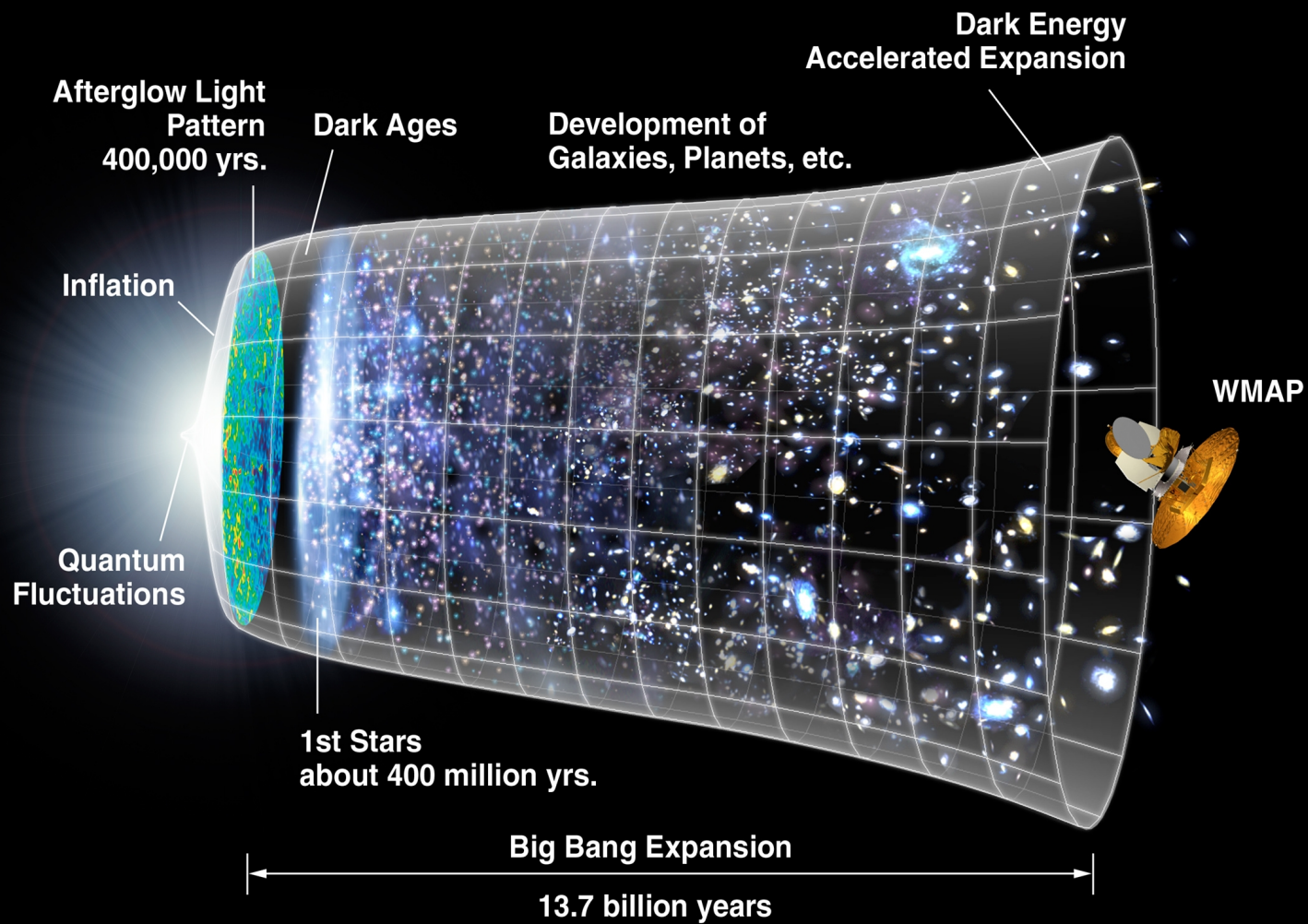
$$t_0 = 13.69 \pm 0.13 \text{ [Gyrs]}$$



Mapa z satelity COBE, 1990-1992



Mapa z satelity WMAP, 2003-2008



Koniec