

# Historia Wszechświata

Krzysztof A. Meissner  
Instytut Fizyki Teoretycznej  
Wydział Fizyki UW

*CERN 21.09.2009*

# Kosmologia

- A. Einstein 1916 – model statyczny
- A. Friedmann 1922 – rozwiązania opisujące rozszerzający się Wszechświat
- E. Hubble 1929 – obserwacja rozszerzania się Wszechświata
- A. Penzias, R. Wilson 1965 - obserwacja promieniowania tła (COBE 1989, WMAP 2001)

# Krótką historia Wszechświata

300 tys. lat  $\rightarrow$  13.7 mld lat (chwila obecna)

$$\rho = 10^{-20} \text{ g/cm}^3 \rightarrow 10^{-29} \text{ g/cm}^3,$$

$$T = 1 \text{ eV} \rightarrow 10^{-4} \text{ eV (2.73 K)}$$

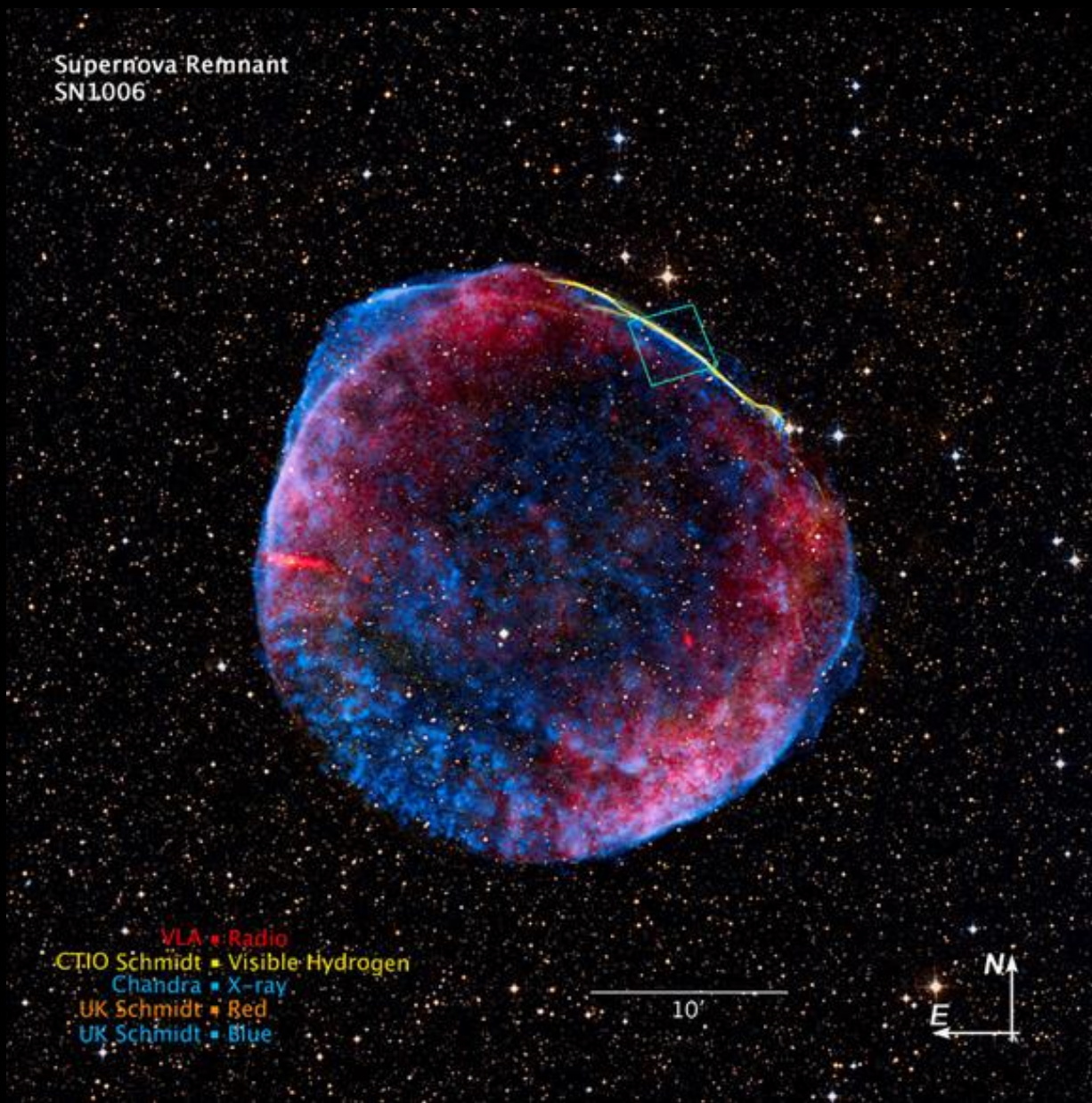
- ◆ Wszechświat przezroczysty dla światła
- ◆ Tworzą się struktury (gromady galaktyk, galaktyki, gwiazdy...)
- ◆ Tworzą się cięższe pierwiastki (spalanie gwiazd, wybuchy supernowych...)

# Mgławica Kraba



*SN II, obs. AD1054, odl. 6500 ly, śr. 11 ly, pr. fali 1500 km/s*

Supernova Remnant  
SN1006



*Obs. AD1006, odl. 7000 ly, šr. 60 ly, pr. fali 8000 km/s*

# Skład Wszechświata

- Materia świecąca 4% :  
wodór 75% + hel 25%
- Ciemna materia 23% :  
aksjony (?), cząstki supersymetryczne (?)
- Ciemna energia 73% :  
stała kosmologiczna (?)

# Czarne dziury

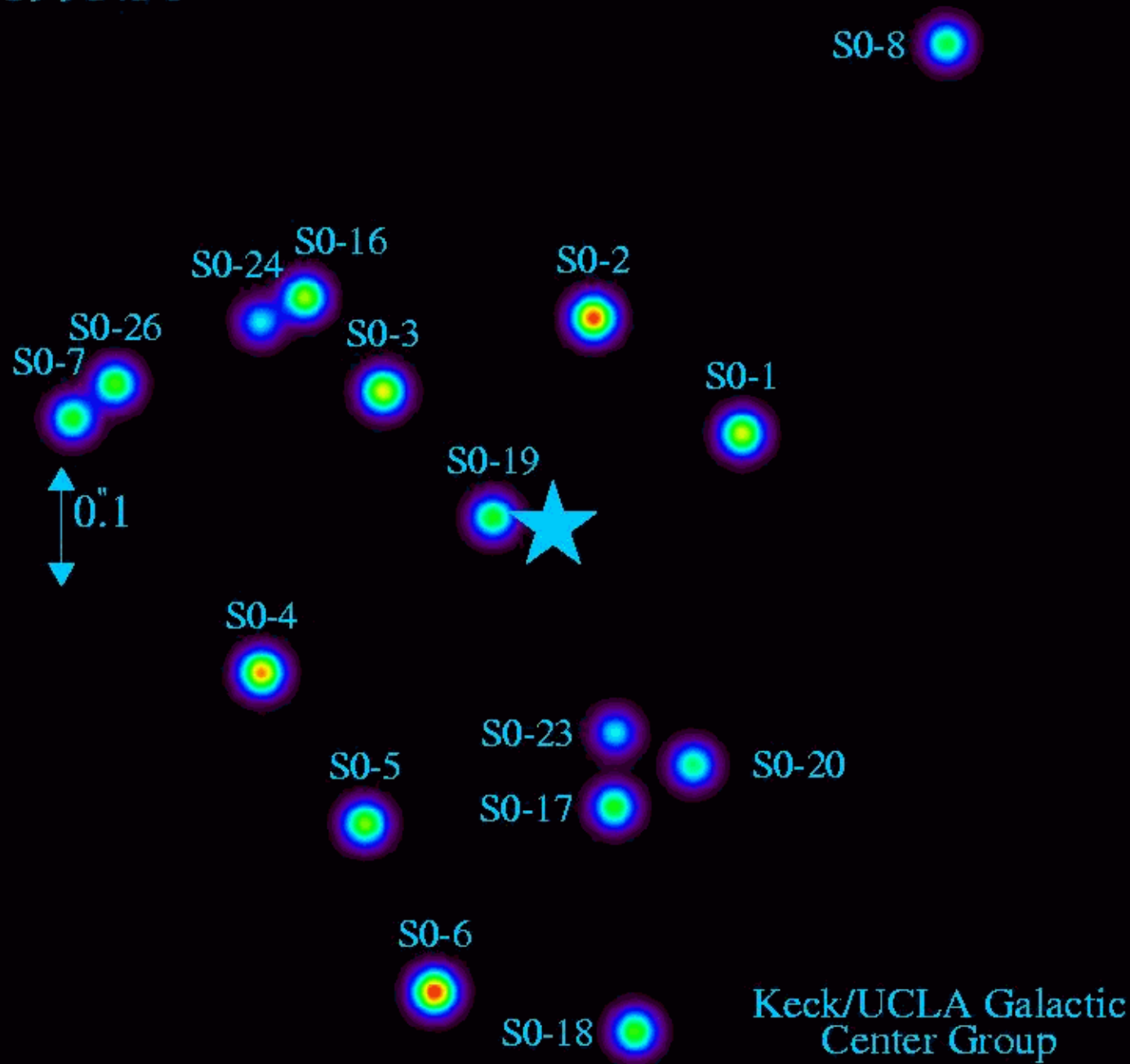
Czarna dziura – obiekt, dla którego druga prędkość kosmiczna jest większa niż prędkość światła

(dla Ziemi promień Schwarzschilda to 6 mm, dla Słońca 3 km)

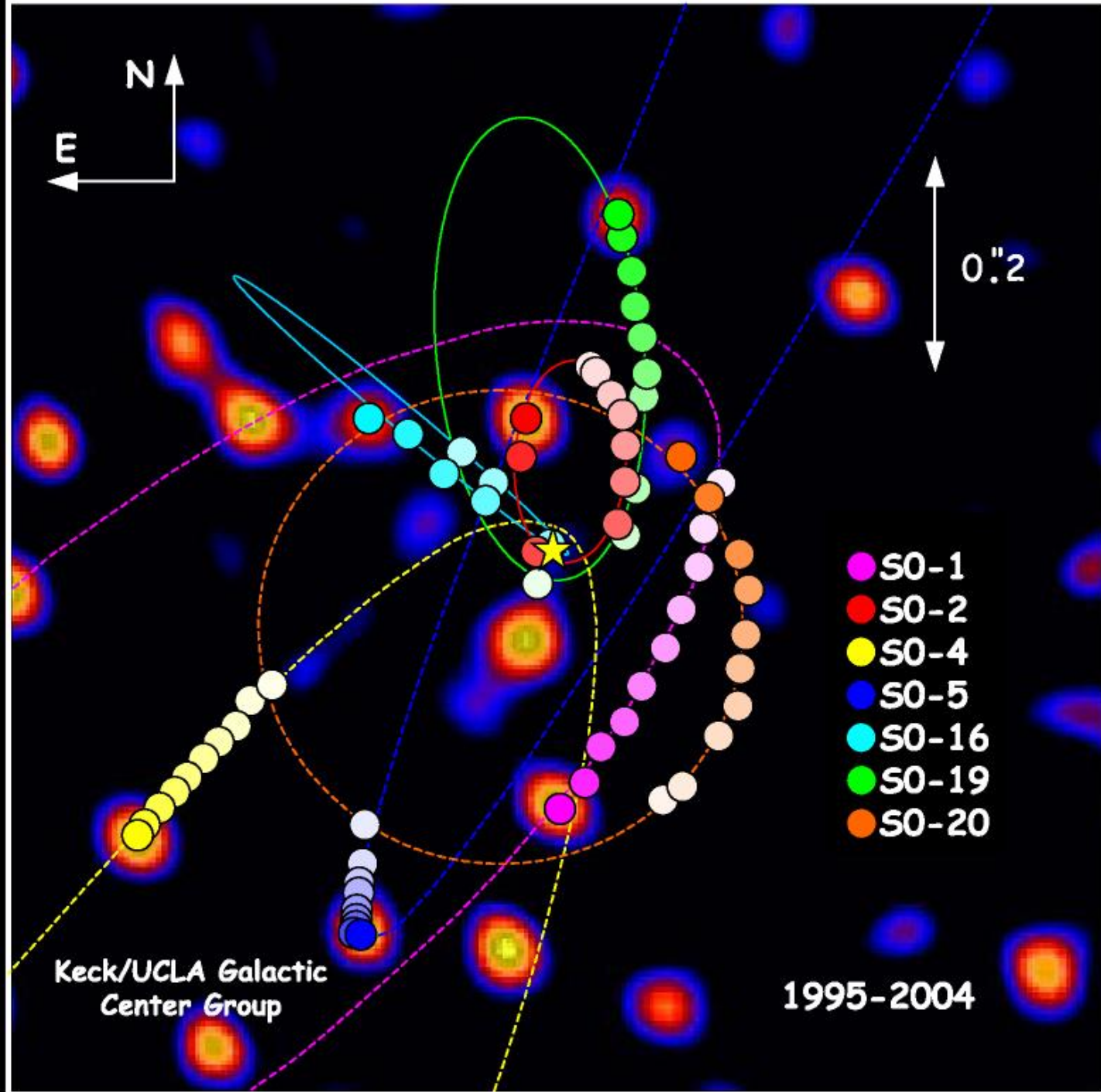
W centrum Galaktyki jest czarna dziura o masie ok. 3 milionów mas Słońca

Przypuszcza się, że w centrach większości galaktyk są masywne czarne dziury

1995.50



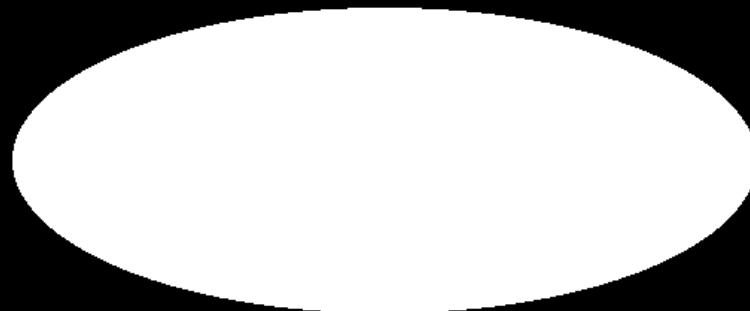




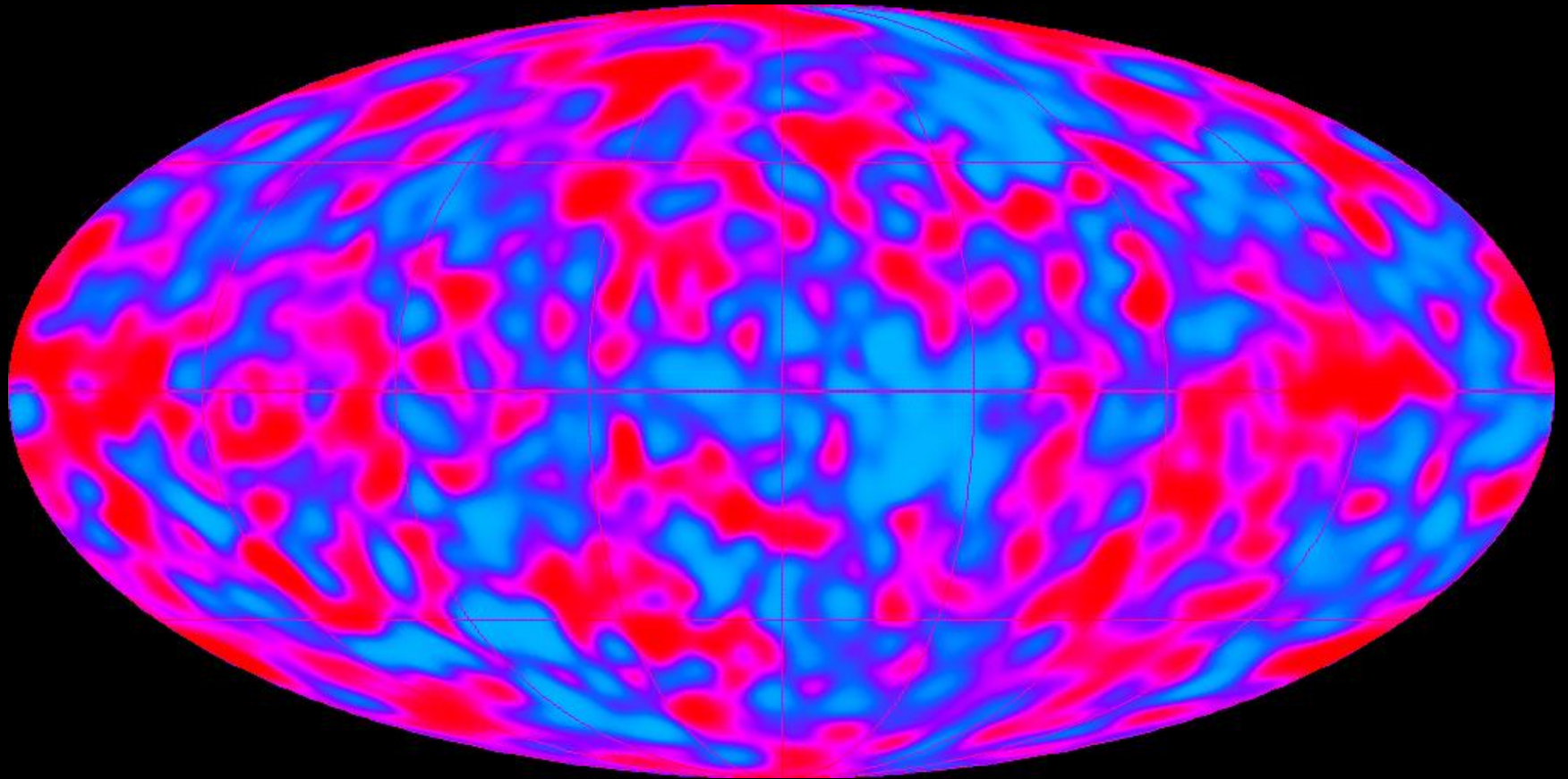
1 s  $\rightarrow$  300 tys. lat

$$T = 1 \text{ MeV} \rightarrow 1 \text{ eV}, \rho = 10^6 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 10^{-20} \text{ g/cm}^3$$

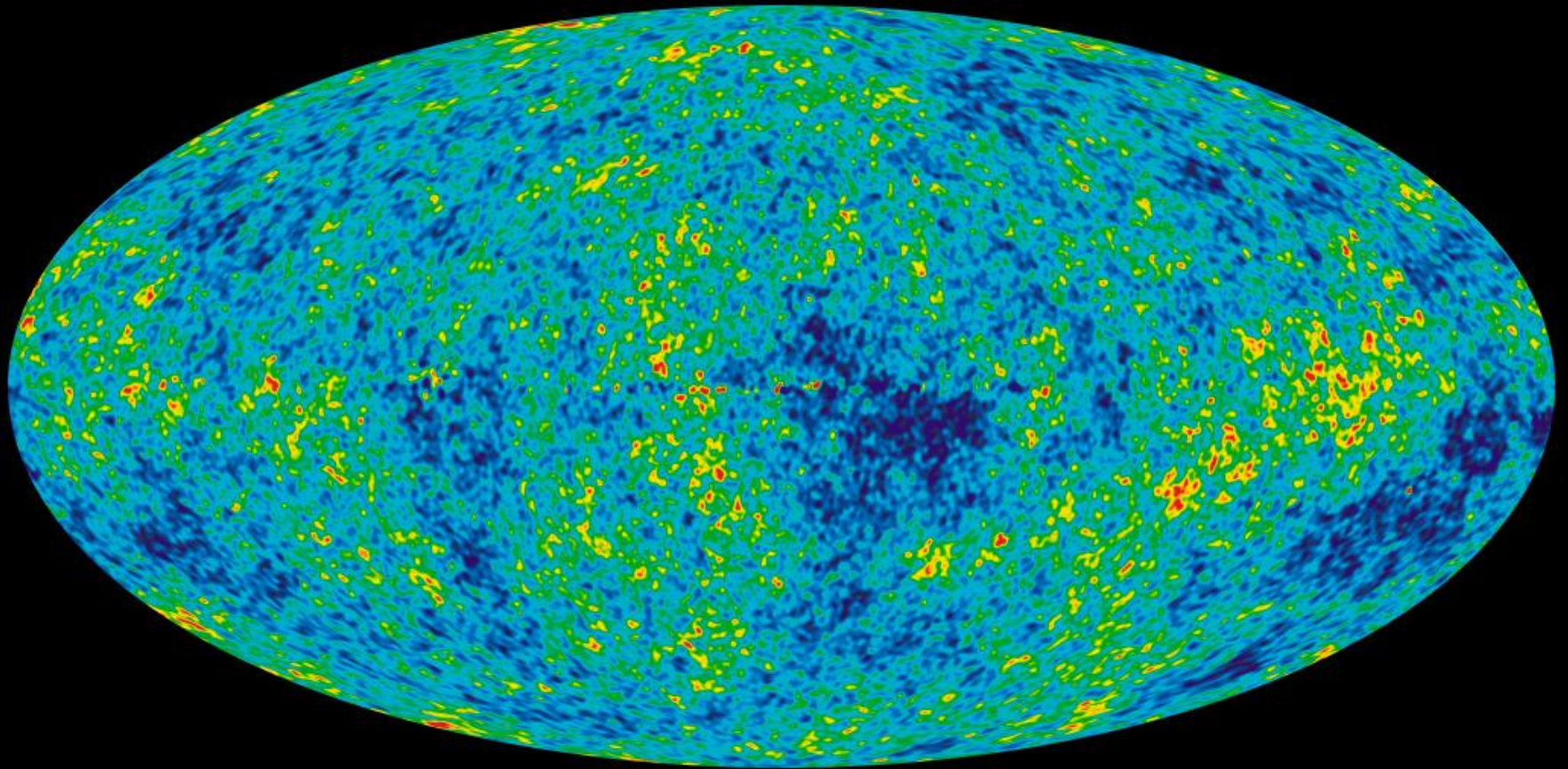
- ◆ Era promieniowania
- ◆ Materia w formie plazmy  
(protony + cząstki  $\alpha$  + elektrony)
- ◆ na koniec tworzą się atomy wodoru i helu
- ◆ Światło całkowicie rozprasza się



**COBE**



# WMAP



$$10^{-6} \text{ s} \rightarrow 1 \text{ s}$$

$$T = 1 \text{ GeV} \rightarrow 1 \text{ MeV}$$

$$\rho = 10^{18} \text{ g/cm}^3 \rightarrow 10^6 \text{ g/cm}^3$$

- protony i neutrony swobodne
- na koniec tworzą się najlżejsze jądra
- pary elektron-pozyton
- neutrina całkowicie rozpraszane

$$10^{-10} \text{ s} \rightarrow 10^{-6} \text{ s}$$

$$T = 100 \text{ GeV} \rightarrow 1 \text{ GeV}$$

$$\rho = 10^{26} \text{ g/cm}^3 \rightarrow 10^{18} \text{ g/cm}^3$$

- Plazma kwarkowo-gluonowa
- na koniec tworzą się protony i neutrony

$$10^{-42} \text{ s} \rightarrow 10^{-10} \text{ s}$$

$$T = 10^{18} \text{ GeV} \rightarrow 100 \text{ GeV},$$
$$\rho = 10^{92} \text{ g/cm}^3 \rightarrow 10^{26} \text{ g/cm}^3$$

- ◆ zdominowany przez promieniowanie
- ◆ skład cząstek - ??? (cząstka Higgsa, supersymetria?, ...??)
- ◆  $10^{-40} \text{ s} - 10^{-35} \text{ s}$  epoka inflacji (?)  
stała gęstość (!)  $\rho = 10^{79} \text{ g/cm}^3$   
(w OTW nie ma zasady zachowania energii!)

# Co by było gdyby...

Gęstość Wszechświata w chwili  $10^{-35}$  s trochę mniejsza:  
– Wszechświat wypełniony gazem, nie formują się struktury (gwiazdy, galaktyki,...)

Gęstość Wszechświata w chwili  $10^{-35}$  s trochę większa:  
– Wszechświat zapada się, zanim my się pojawiamy

Jeżeli  $\rho$  - prawdziwa gęstość Wszechświata w chwili  $10^{-35}$  s to:

trochę mniejsza:  $< 0.999999999999999999999999999999999999 \rho$

trochę większa:  $> 1.000000000000000000000000000000000001 \rho$



# Granice Ogólnej Teorii Względności

Kiedy dla cząstek elementarnych np. elektronu

$$G_N E_1 E_2 / r^2 = k q_1 q_2 / r^2 ?$$

Zachodzi to dla tzw. energii Plancka  $E_P \sim 10^{19}$  GeV  
co odpowiada długości  $l_P = (G_N \hbar / c^3)^{1/2} = 10^{-35}$  m

Dla odległości  $< l_P$  – kwantowa teoria grawitacji

Pytanie o historię Wszechświata przed  $l_P / c = 10^{-42}$  s  
wykracza poza teorię Einsteina !

# Co było wcześniej?

Wielki Wybuch ???

Możliwe, że „ $t = 0$ ” czyli jakiś początek istniał, ale nie mamy teorii (kwantowej teorii grawitacji), by go opisać

Możliwe też, że Wszechświat istniał przed „ $t = 0$ ”, był duży, zimny i pusty, a cała obecna materia powstała z fluktuacji kwantowych

# Podsumowanie

Historia Wszechświata opisywana w ramach teorii Einsteina aż do  $10^{-42}$  s

Opis wcześniejszy – osobliwość?, brak osobliwości?, czas? – kwantowa teoria grawitacji

Na początku było Słowo...