

# Reliktní záření

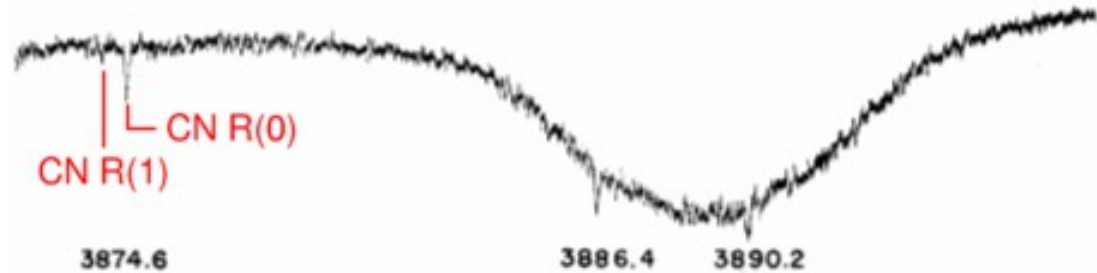
---



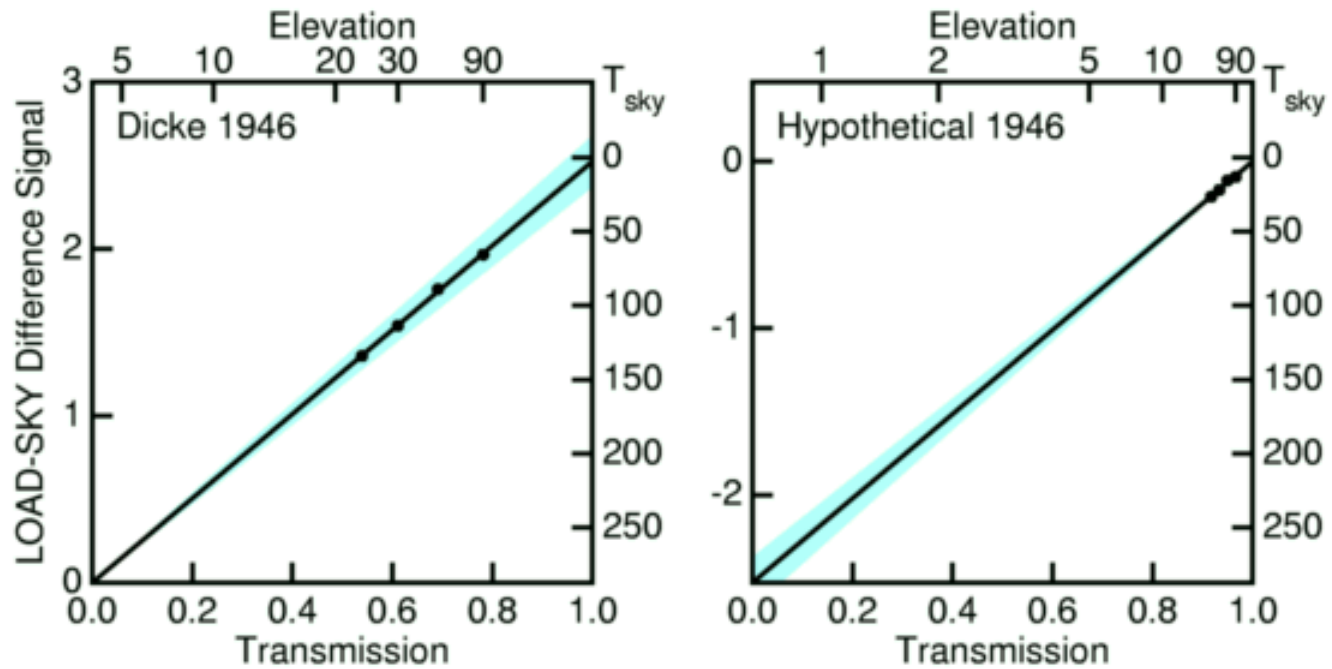
*"I'll tell you what's beyond the observable universe -- lots and lots of unobservable universe."*

# Na dosah objevu

- 1940 McKellar Studium mezihvězdných molekul



- 1946 R.Dicke Měření jasové teploty oblohy v závislosti na elevaci



# Předpověď' reliktního záření



- 1948 Gamow, Alpher, Herman
- 1965 Zeldovich, Hoyle, Taylor



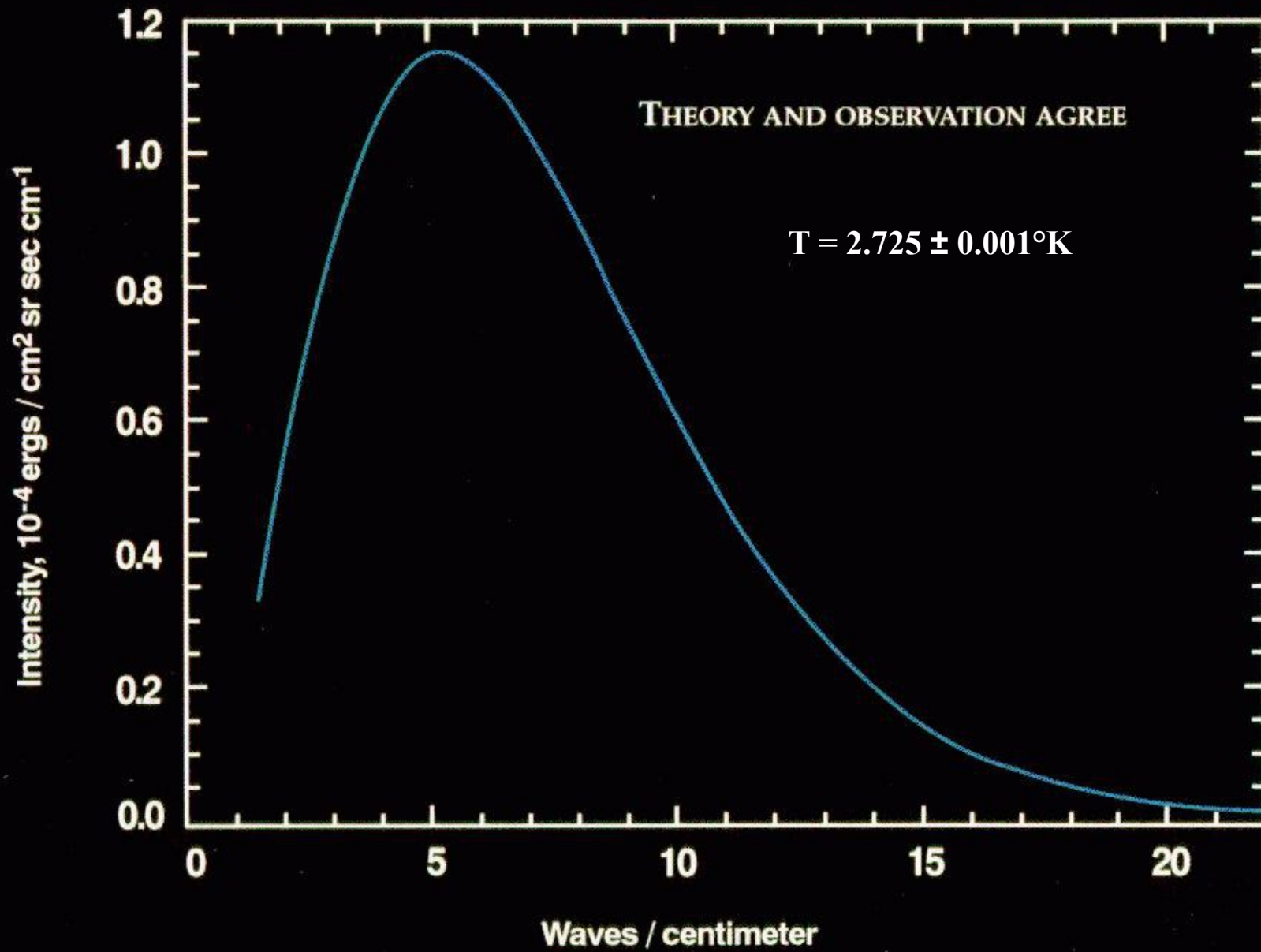
# Objev reliktního záření



- 1978 Nobelova cena za fyziku
- 1965 A. Penzias, R. Wilson



# COSMIC MICROWAVE BACKGROUND SPECTRUM FROM COBE



# Vlastnosti reliktního záření

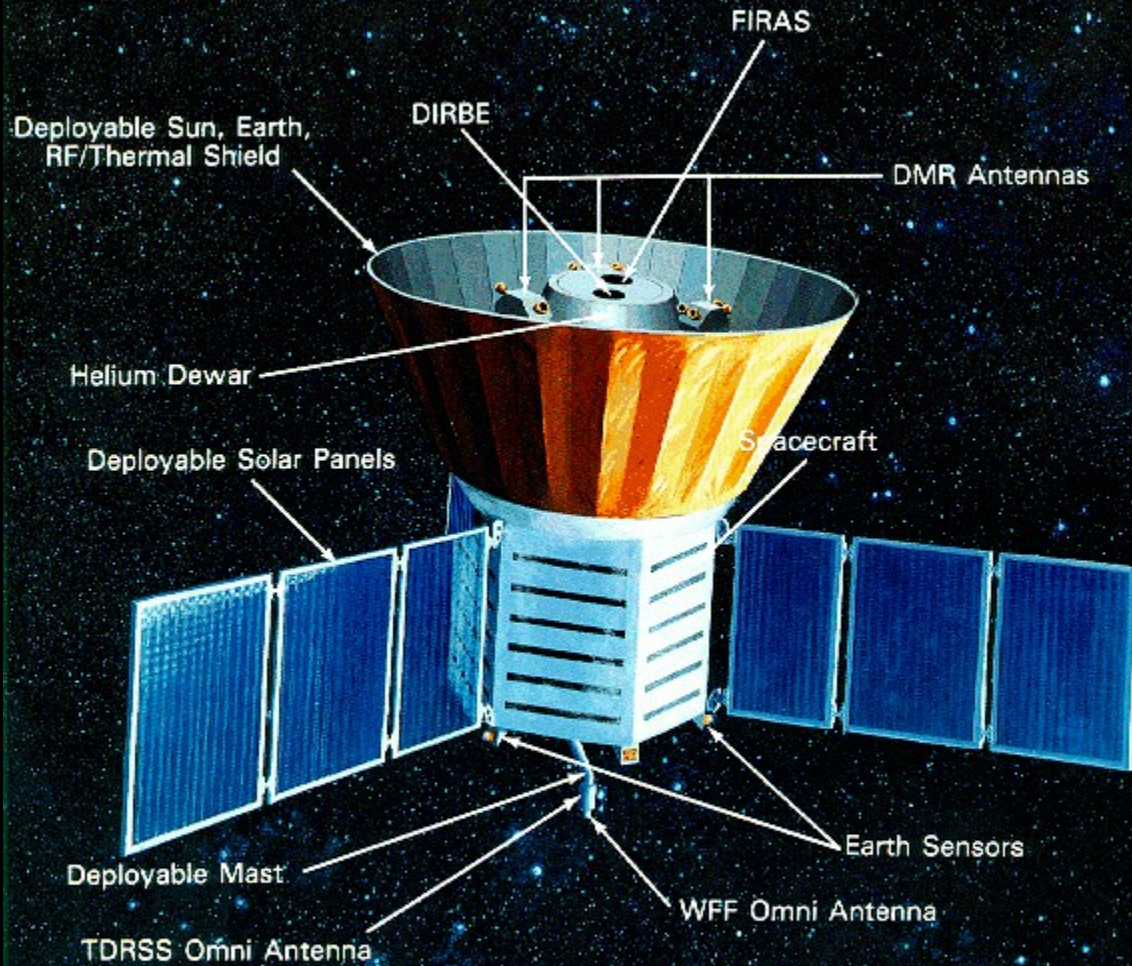
Energie fotonu reliktního záření  $\approx 6 \times 10^{-5} \text{ eV}$

Zhruba rovno vibrační a rotační energii molekuly  $\text{H}_2\text{O}$

Maximum okolo  $\lambda_{\text{max}} \approx 0.2 \text{ cm}$

Při rozpínání vesmíru zůstává pro reliktní záření zachována povaha absolutně černého tělesa

# Mise COBE

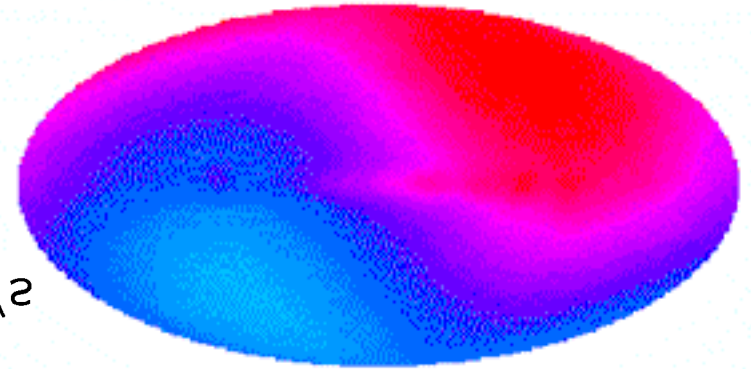


# Dipolová anizotropie

- Mapa v pásmu 53 GHz

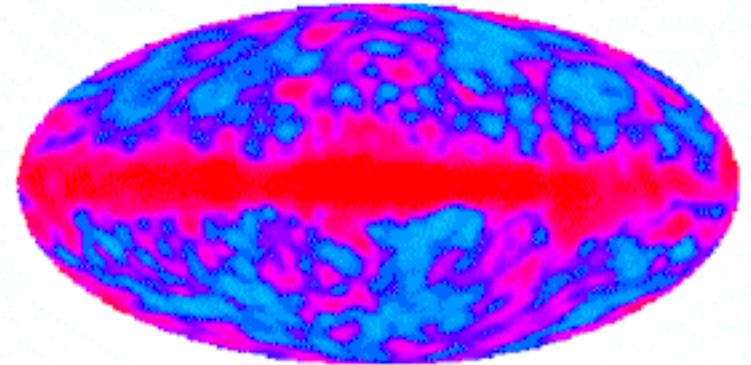
Rozdíl teplot  $\approx 0.00335$  K

πομπη ραδιοεκπομπη (308 ± 5) μW/m<sup>2</sup>

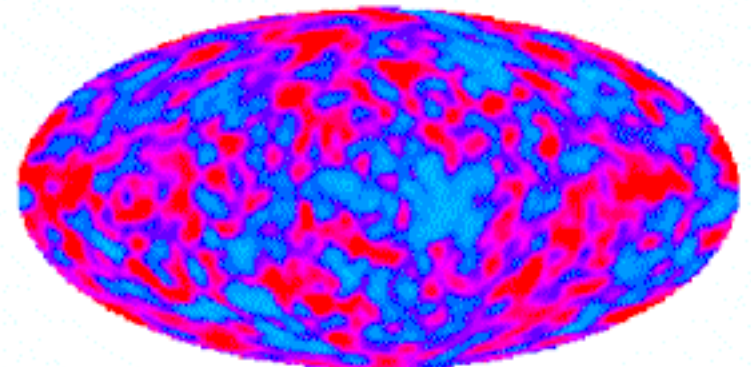


- Po odstranění dipolové anizotropie

Stále patrný vliv naší Galaxie



- Po odstranění rušivých vlivů





# Výsledky měření reliktního záření

V každé pozici dané úhly  $(\theta, \varphi)$  je reliktní záření velmi dobře charakterizováno zářením absolutně černého tělesa

Měření COBE prokázala dipolovou anizotropii danou dopplerovským posuvem, v důsledku pohybu satelitu vůči vztažné soustavě ve které je reliktní záření isotropní

Po odstranění dipolové anizotropie jsou fluktuace teploty velmi malé. Střední hodnota teploty je rovna

$$\langle T \rangle = \frac{1}{4\pi} \int T(\theta, \varphi) \sin \theta d\theta d\varphi = 2.725\text{K}$$

?

inflace

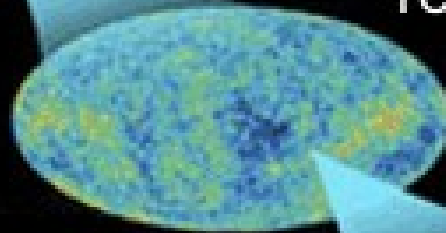
$10^{-35}$  s

reliktní záření

380 000 let

současnost

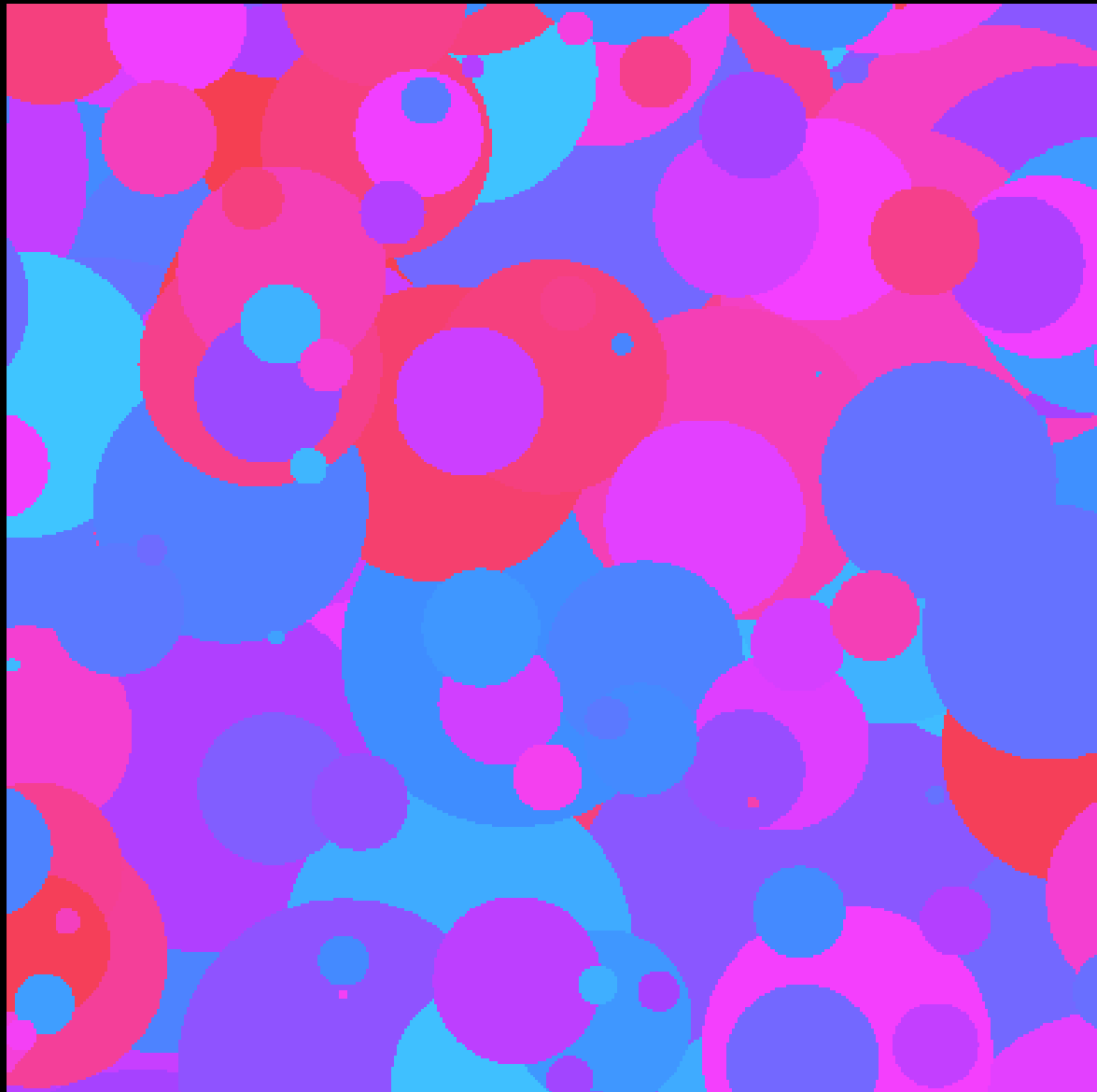
13,7 miliardy let

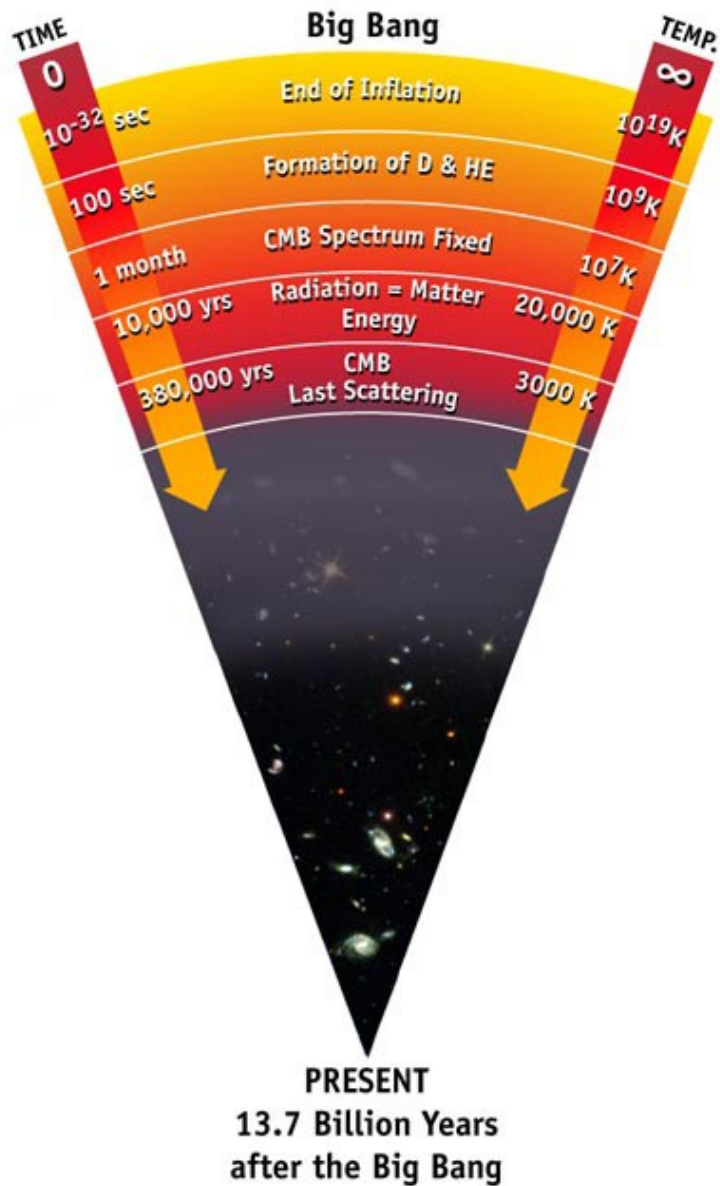




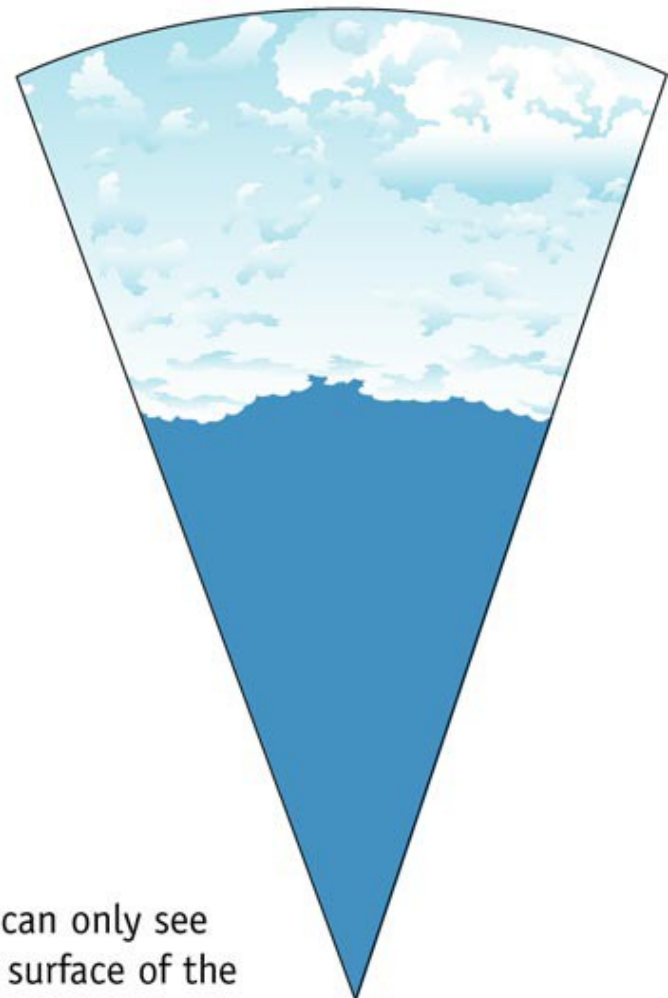
100

100





The cosmic microwave background Radiation's "surface of last scatter" is analogous to the light coming through the clouds to our eye on a cloudy day.

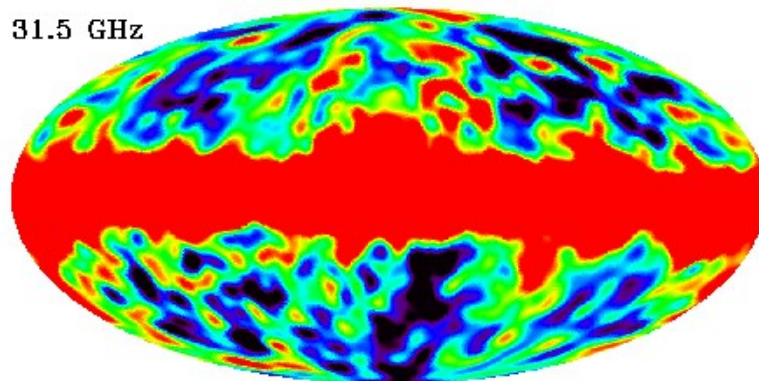


We can only see the surface of the cloud where light was last scattered

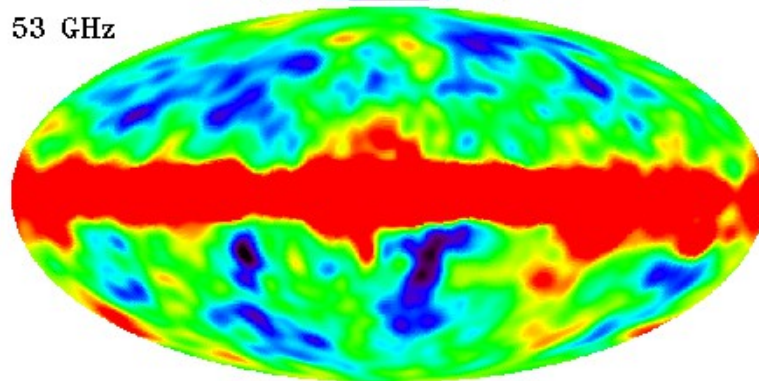


# Vzhled v různých frekvenčních pásmech

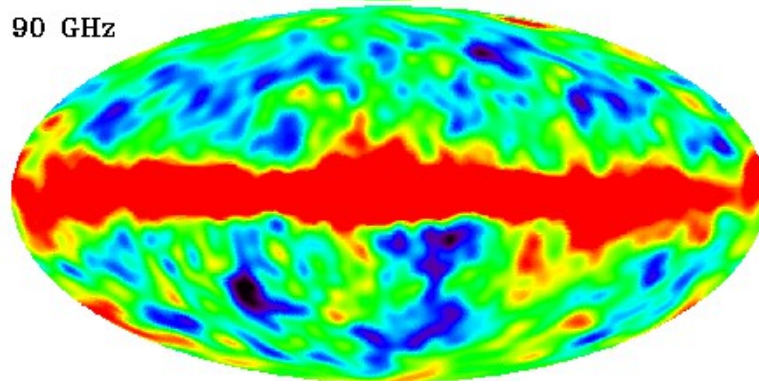
31.5 GHz



53 GHz



90 GHz



-100  $\mu\text{K}$   +100  $\mu\text{K}$

1965



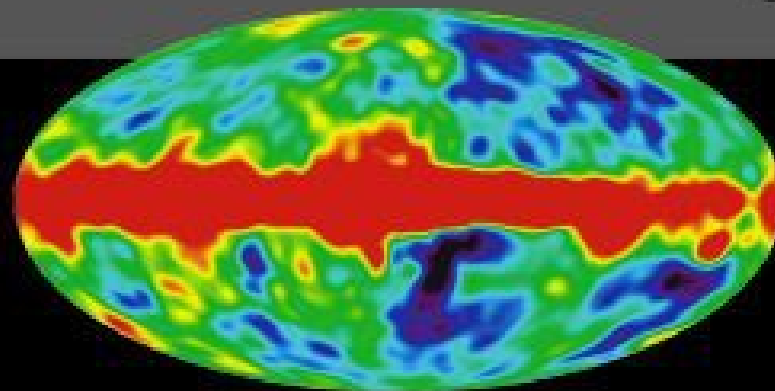
Penzias and  
Wilson



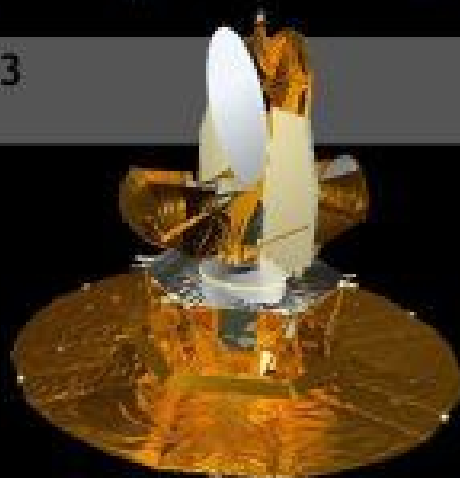
1992



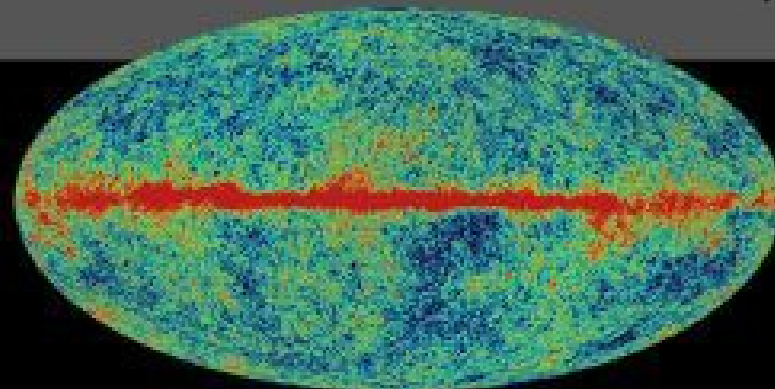
COBE



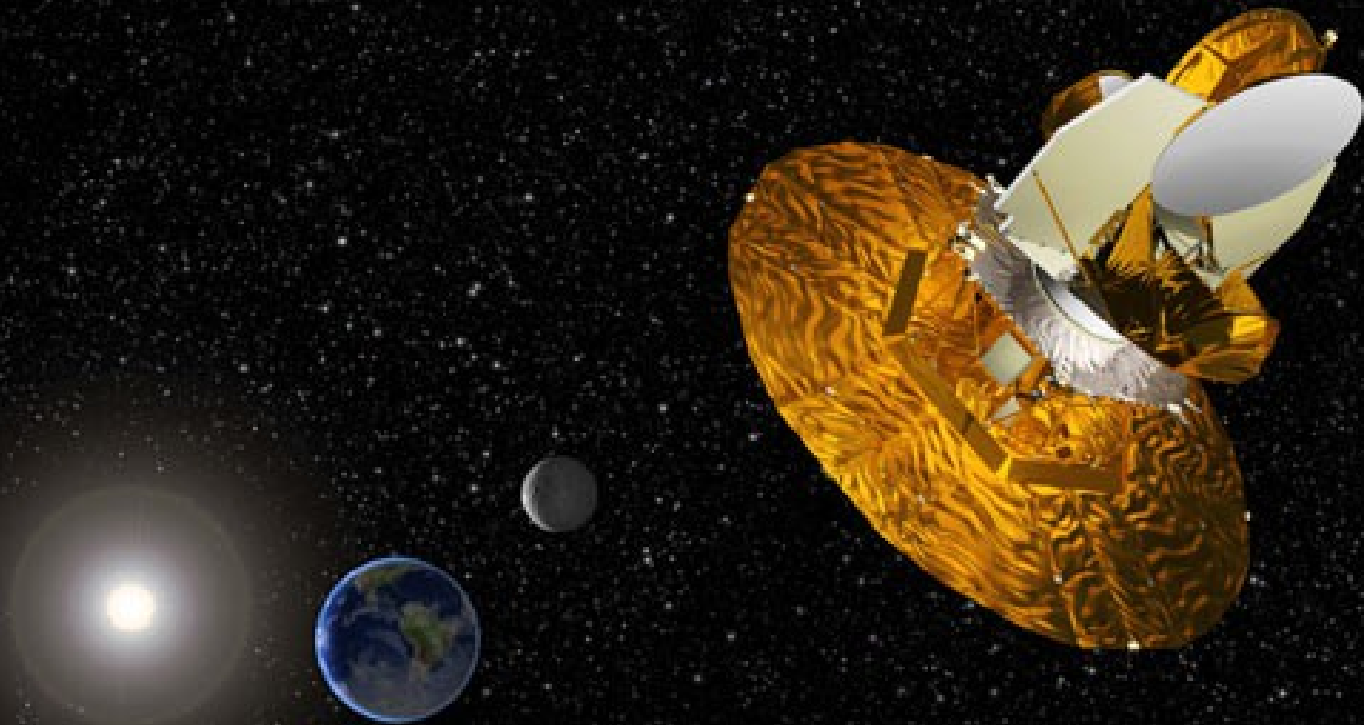
2003



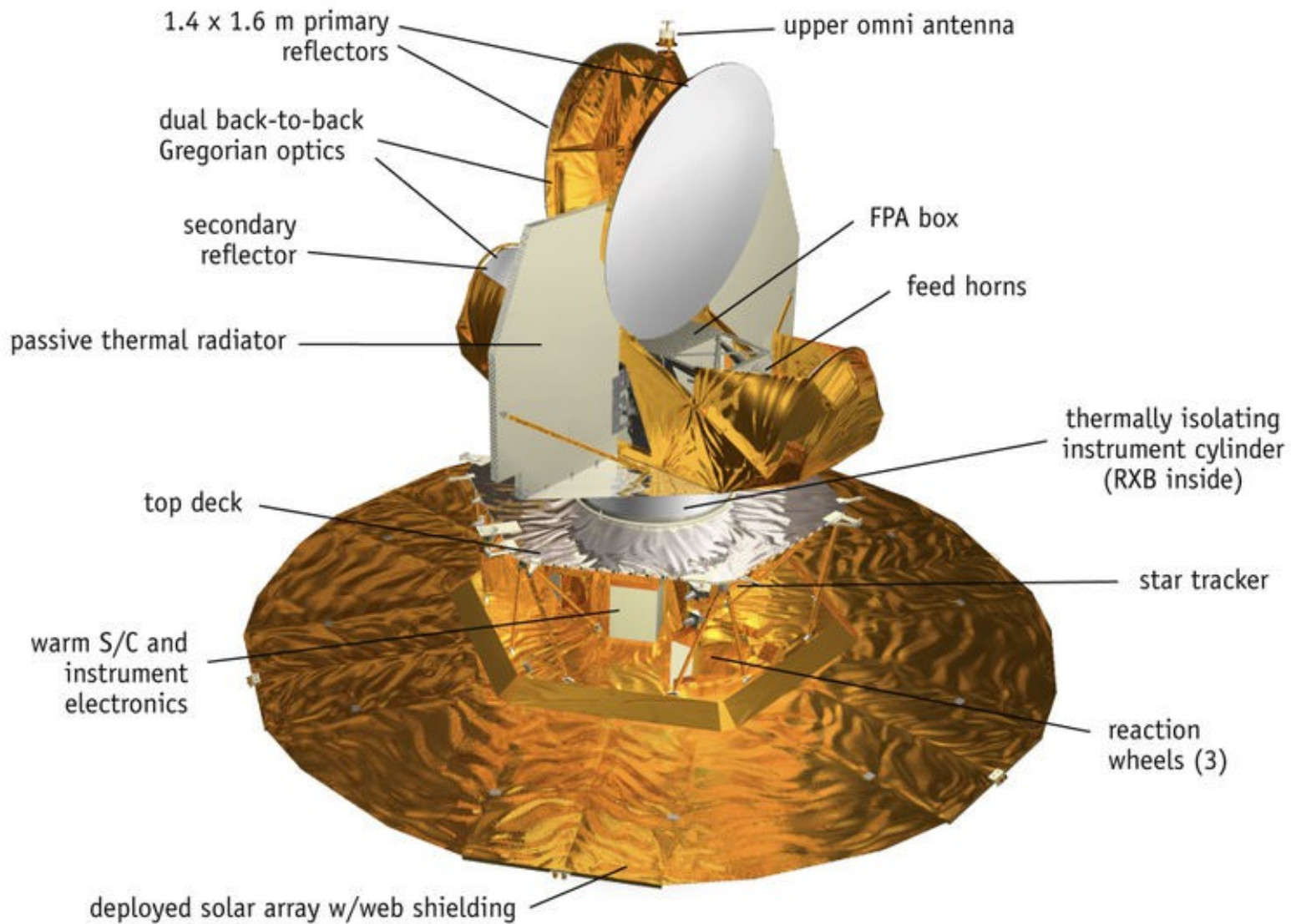
WMAP

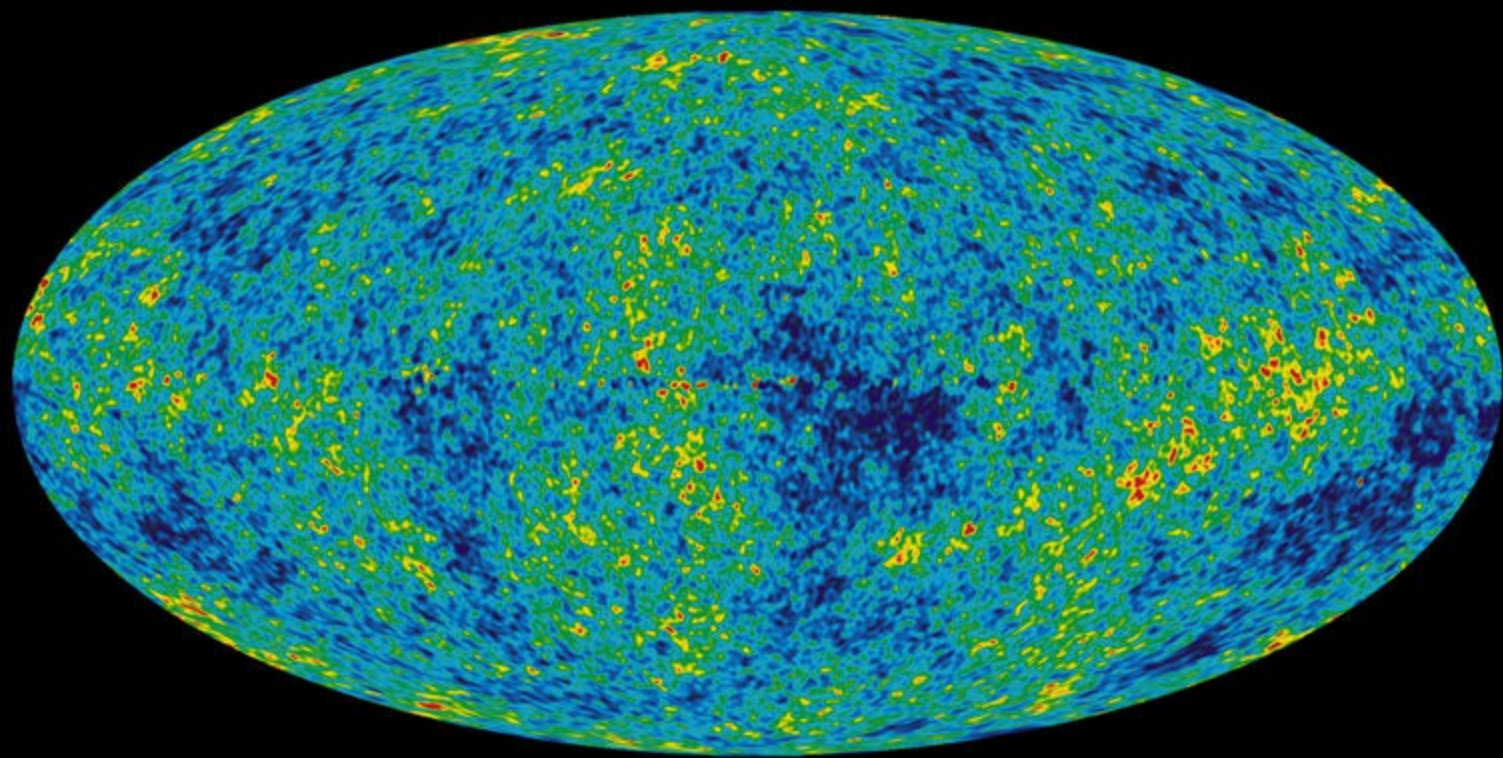


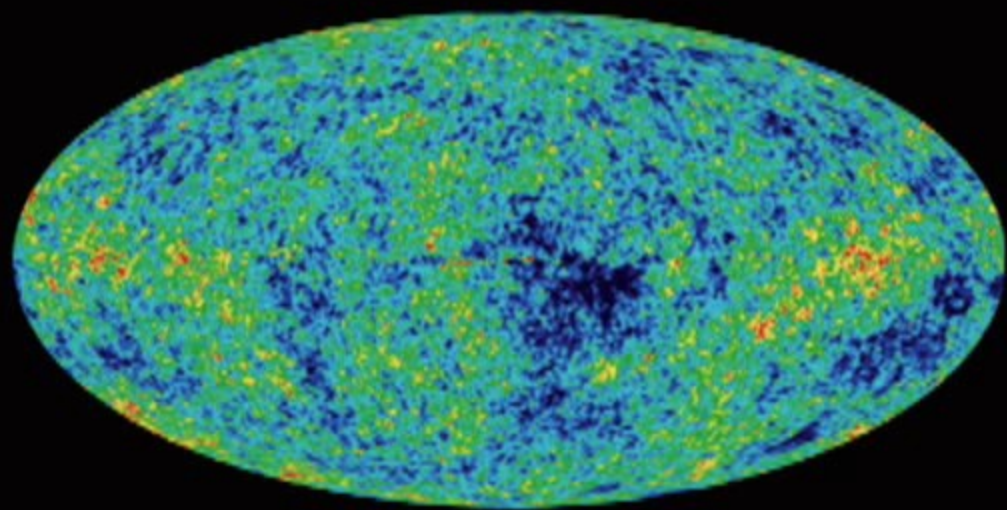
# Mise WMAP

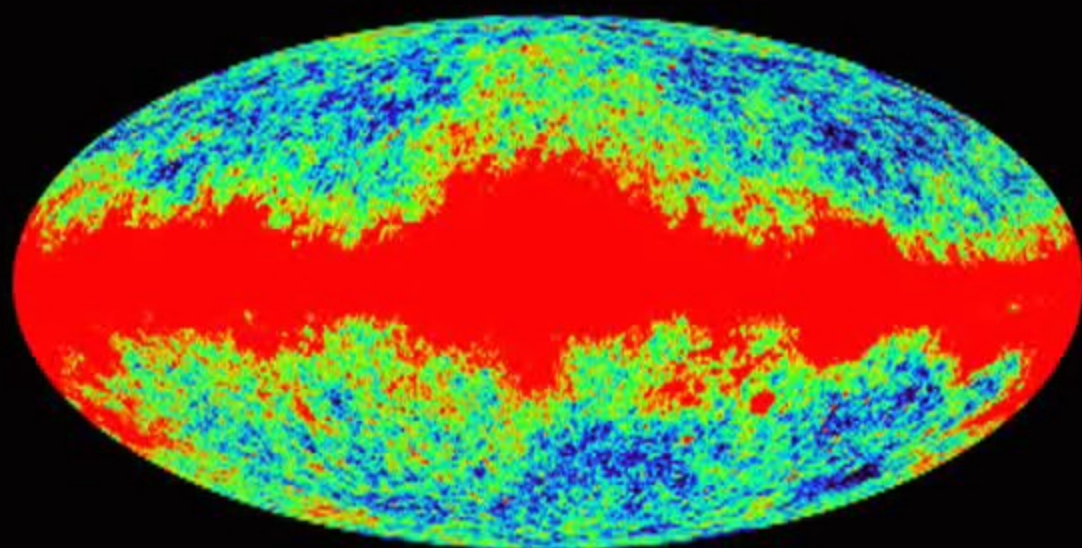




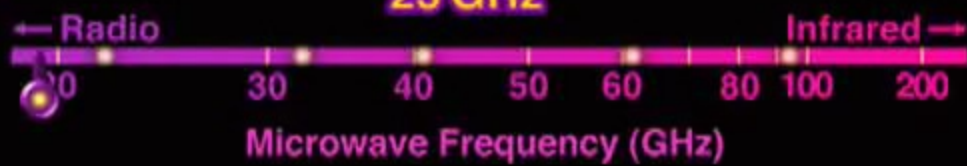




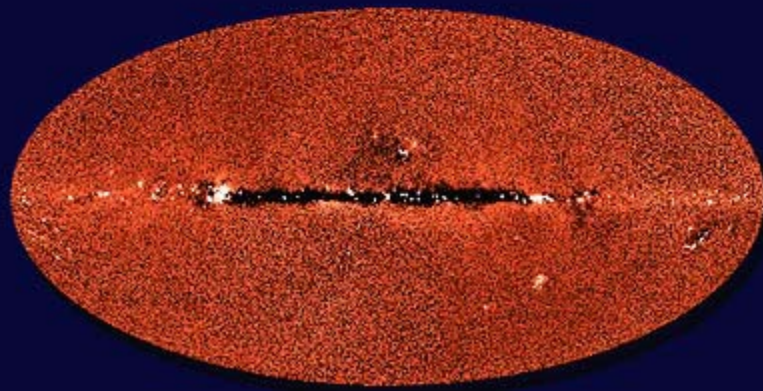


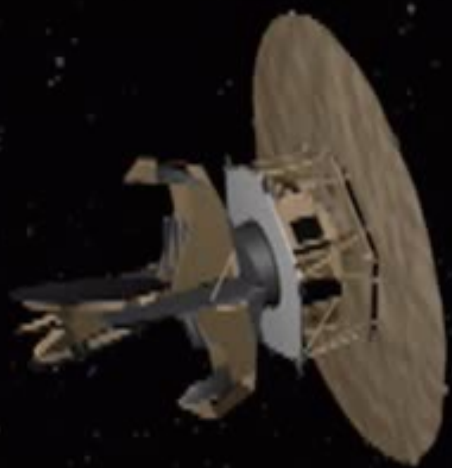


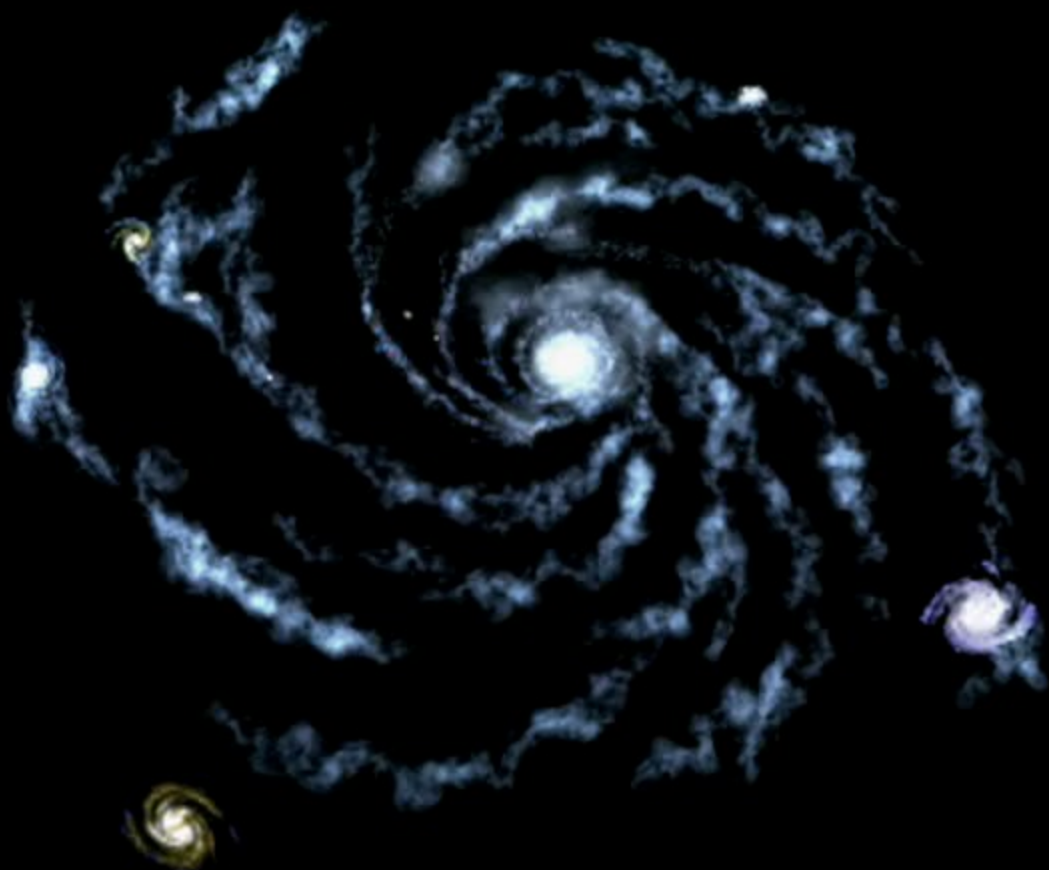
**23 GHz**



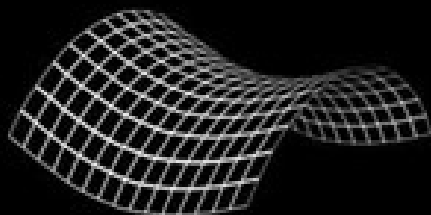
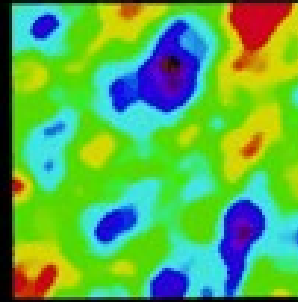
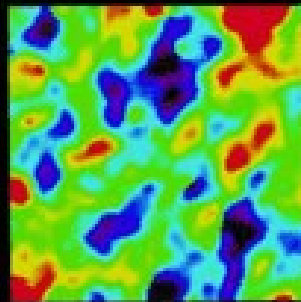
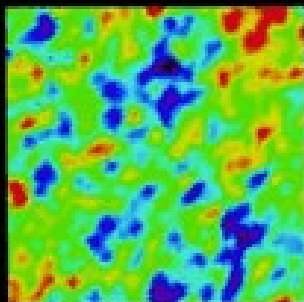
Microwave Frequency (GHz)



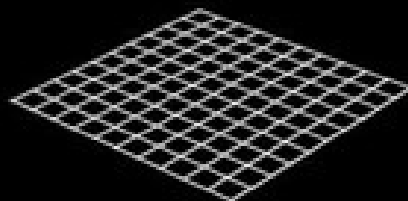




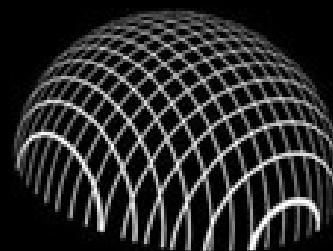
# GEOMETRIE VESMÍRU



**otevřený**  
fluktuaace  $< 1^\circ$



**plochý**  
fluktuaace  $\sim 1^\circ$

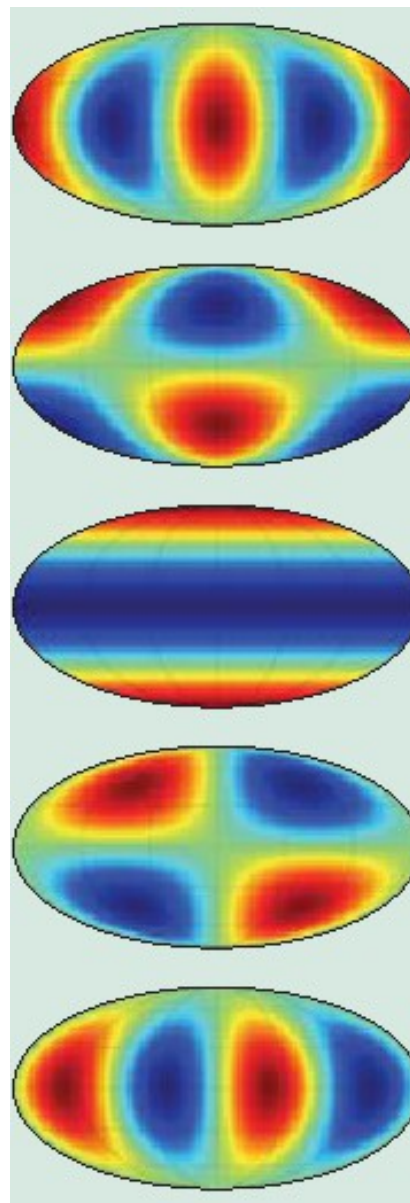
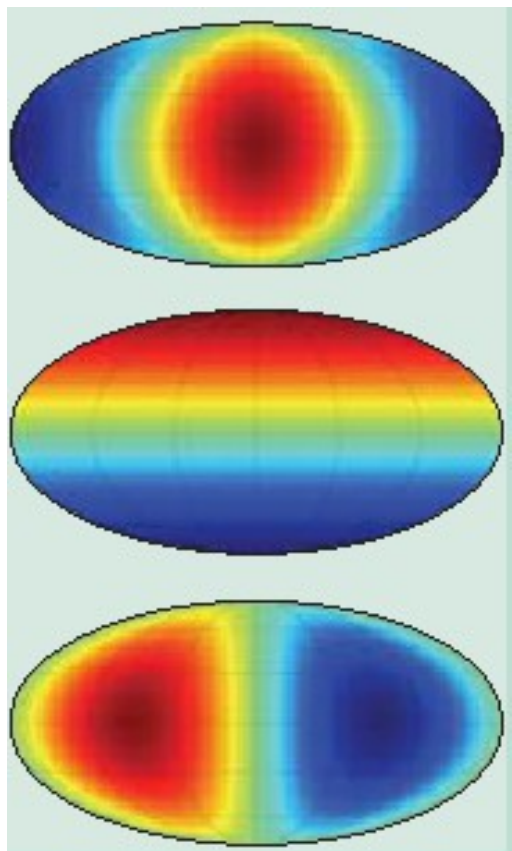


**uzavřený**  
fluktuaace  $> 1^\circ$





# Spherické Harmonické Funkce



# Sferické Harmonické Funkce

Rozvoj do sferických funkcí

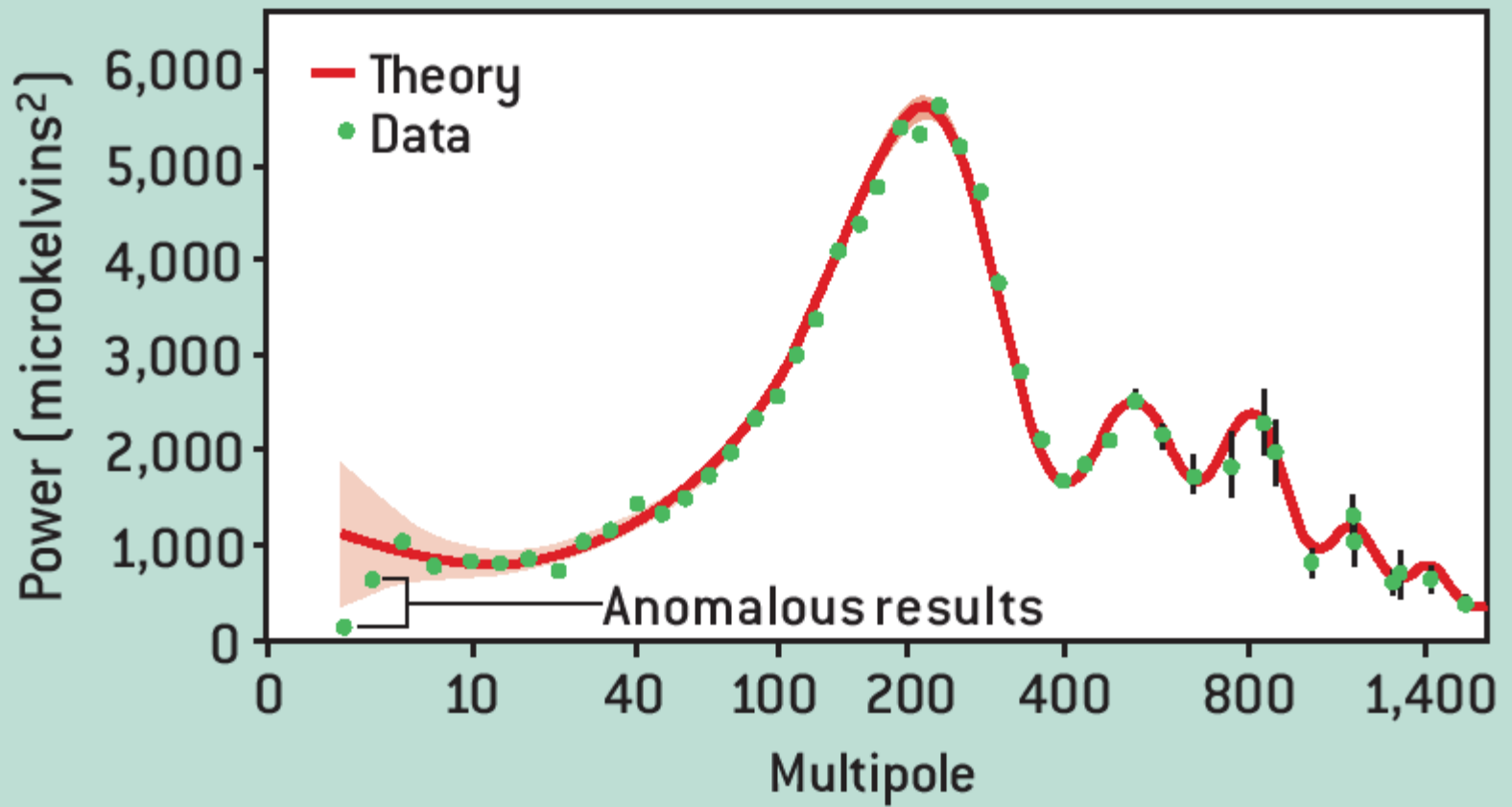
$$\begin{aligned}\Delta T(\theta, \varphi) &= T(\theta, \varphi) - T_0 = \\ &= \sum_{l=1}^{\infty} \sum_{m=-l}^l a_{lm} Y_{lm}\end{aligned}$$

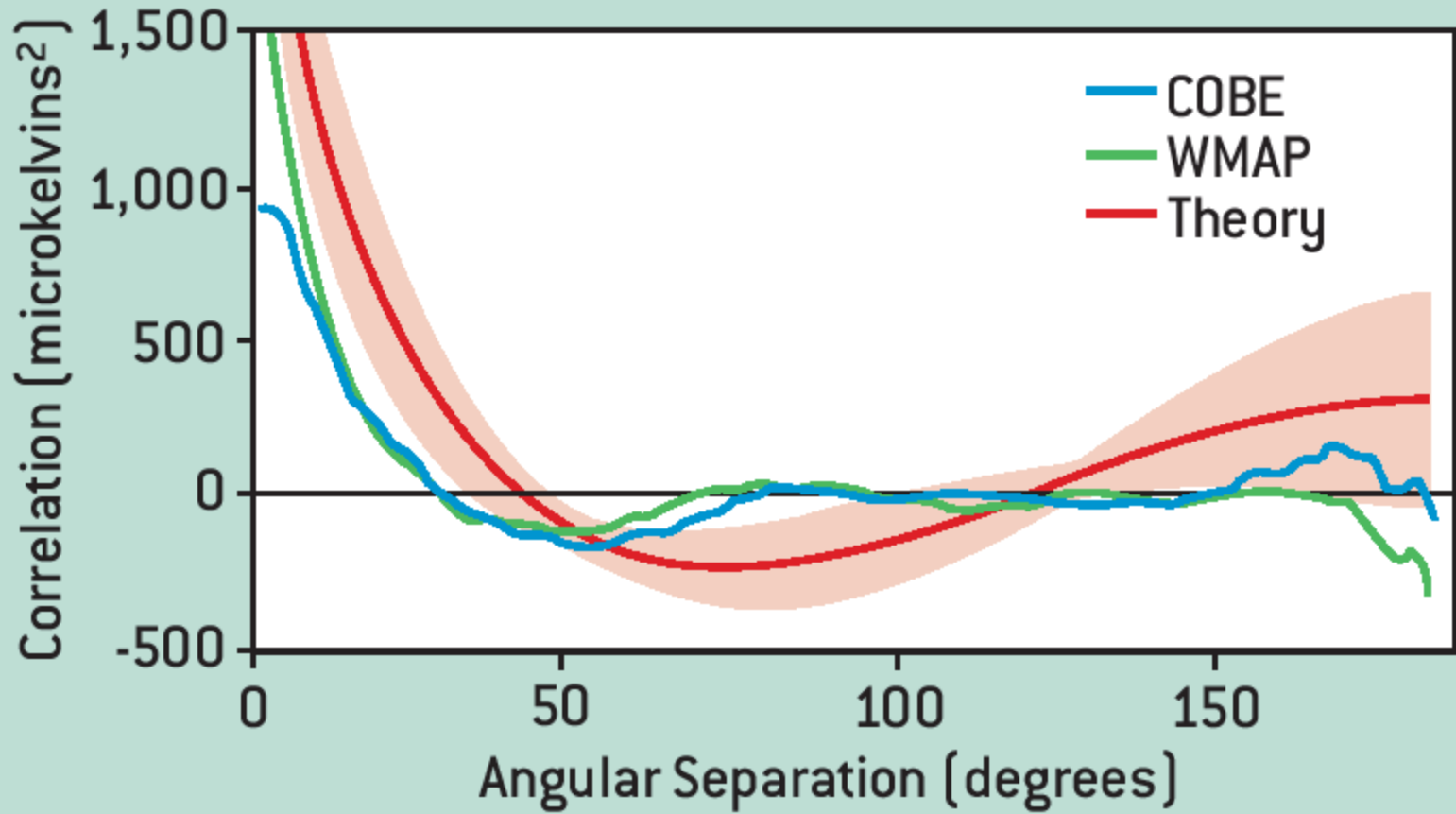
s koeficientem

$$a_{lm} = \int d\Omega \Delta T Y_{lm}^*$$

Power spektrum

$$C_l = \langle |a_{lm}|^2 \rangle$$





# Slibná budoucnost...

