

Milníky kosmologie planetum

Petr Kulháněk

kulhanek@aldebaran.cz

www.aldebaran.cz

Objev expanze vesmíru



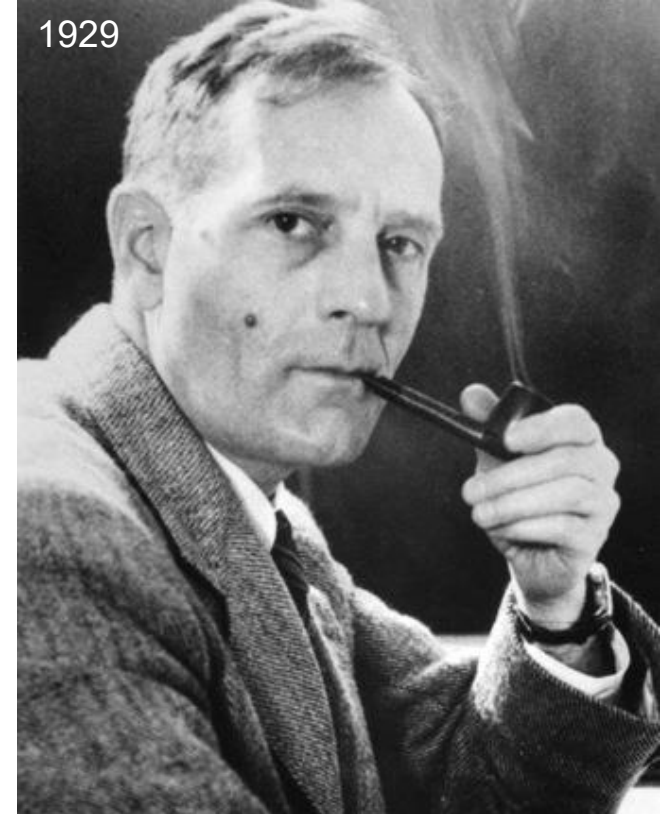
Objev expanze vesmíru



Vesto Slipher
(1875–1969)
Flagstaff, Arizona



Georges Lemaître
(1894–1966)
Lovaň, Belgie



Edwin Hubble
(1889–1953)
Mt. Wilson, Kalifornie

Mt. Wilson (1917)

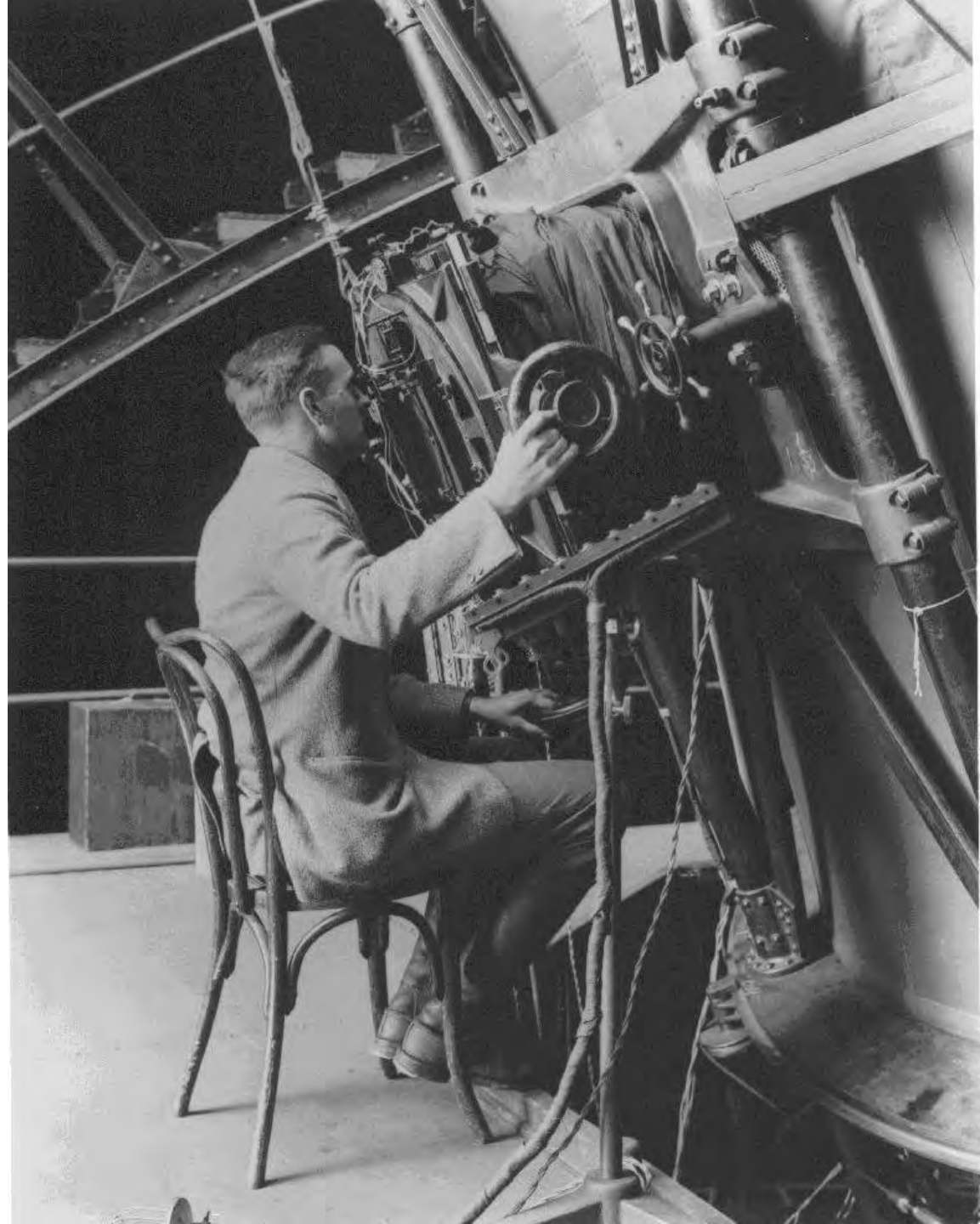


Mt. Wilson (1917)





**Edwin Hubble
na Mt. Wilsonu
(1919–1953)**



1924 – Andromeda je galaxie



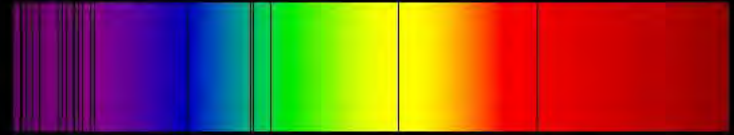
1929 – Hubblův „objev“ expanze

$$v = Hd$$

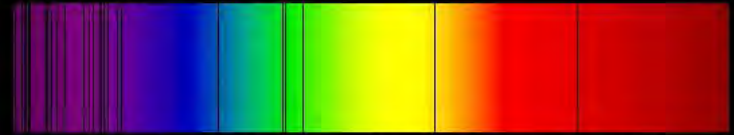
$$H \approx 70 \text{ km/s/Mpc}$$

- Lemaître objevil expanzi už v roce 1927
- odhadl i velikost Hubbleovy konstanty
- použil stejně jako Hubble Slipherova měření
- teorie prvotního atomu

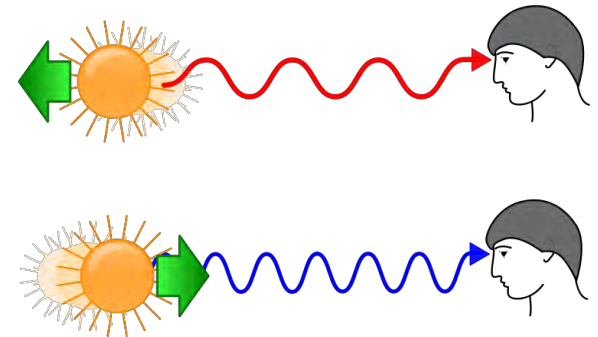
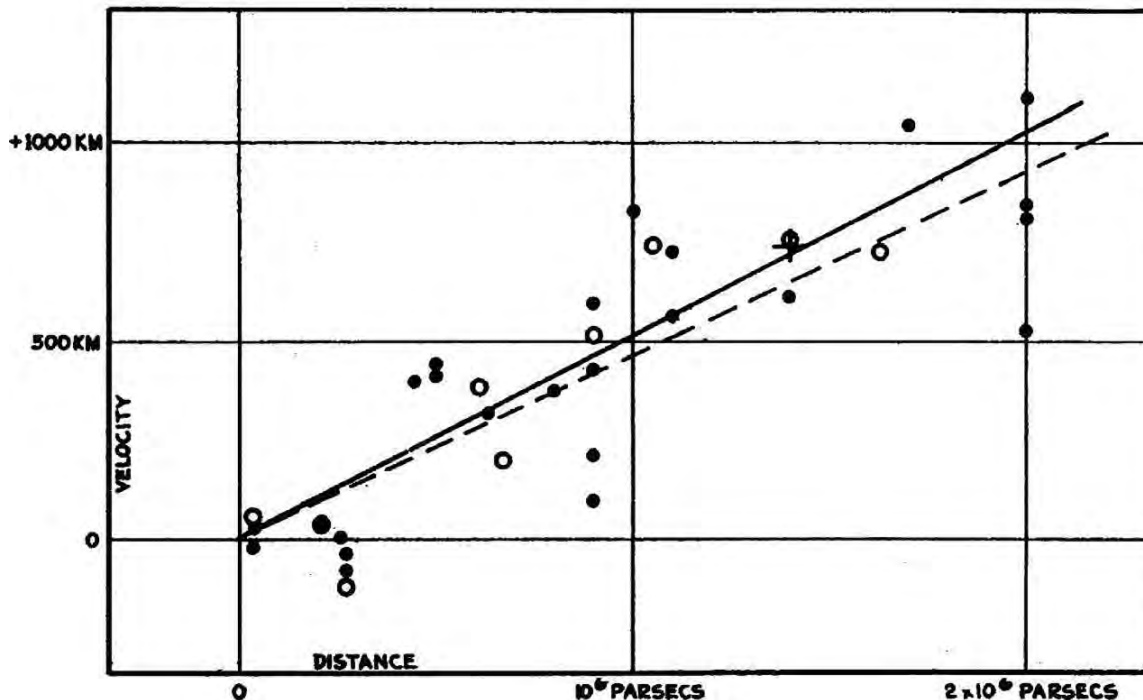
Slunce



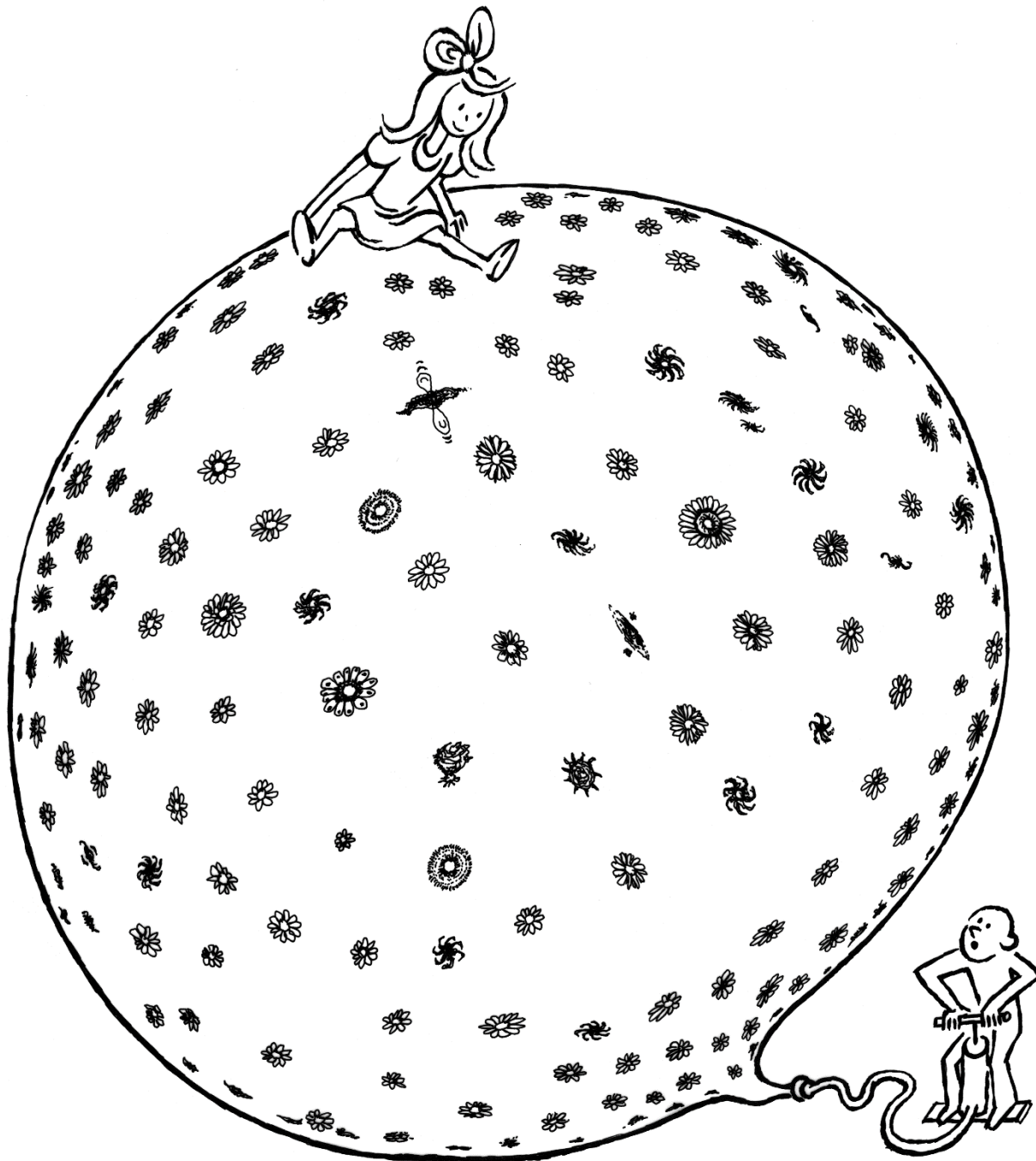
kupa galaxií



$v = 0.07 c$, $d = 1$ miliarda světelných roků







George Gamow (1904–1968)



Fred Hoyle
(1915–2001)



kvantové
fluktuace

reliktní
záření

první
hvězdy

zrychlená
expanze

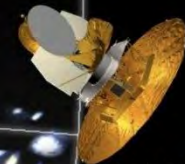
inflační
fáze

temný
věk

tvorba hvězd,
galaxií, planet, ...



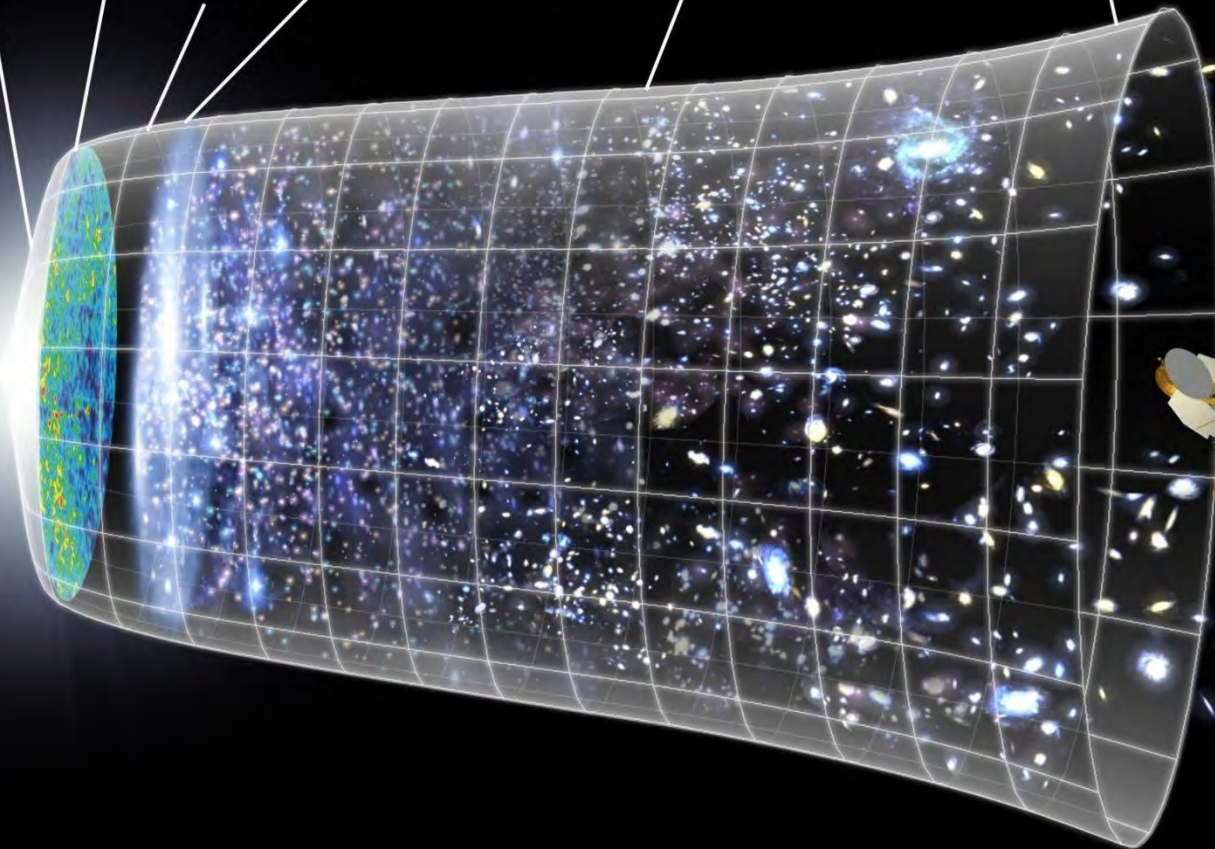
COBE



WMAP



Planck

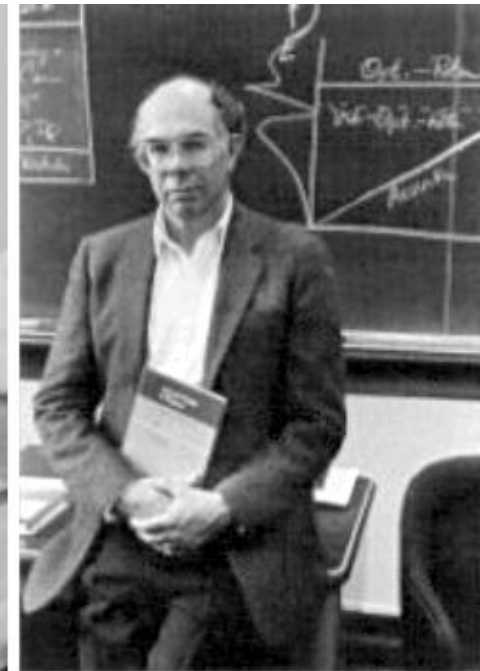


13,8 miliardy let existence vesmíru

1948

- horký model vzniku světa ($\alpha\beta\gamma$)
- první model tvorby lehkých prvků
- podpora Lemaîtreova modelu prvotního atomu
- předpověď reliktního záření
- Hans Bethe: TJ syntéza ve hvězdách (CNO cyklus)

Ralph Alpher
Hans Bethe
George Gamow
Robert Herman



1965

1960: Arthur B. Crawford navrhuje anténu pro Echo

1963: ukončení sledování Echa

1965: rádiové mapování Mléčné dráhy

1965: Astrophysical Journal – dvojčlánek

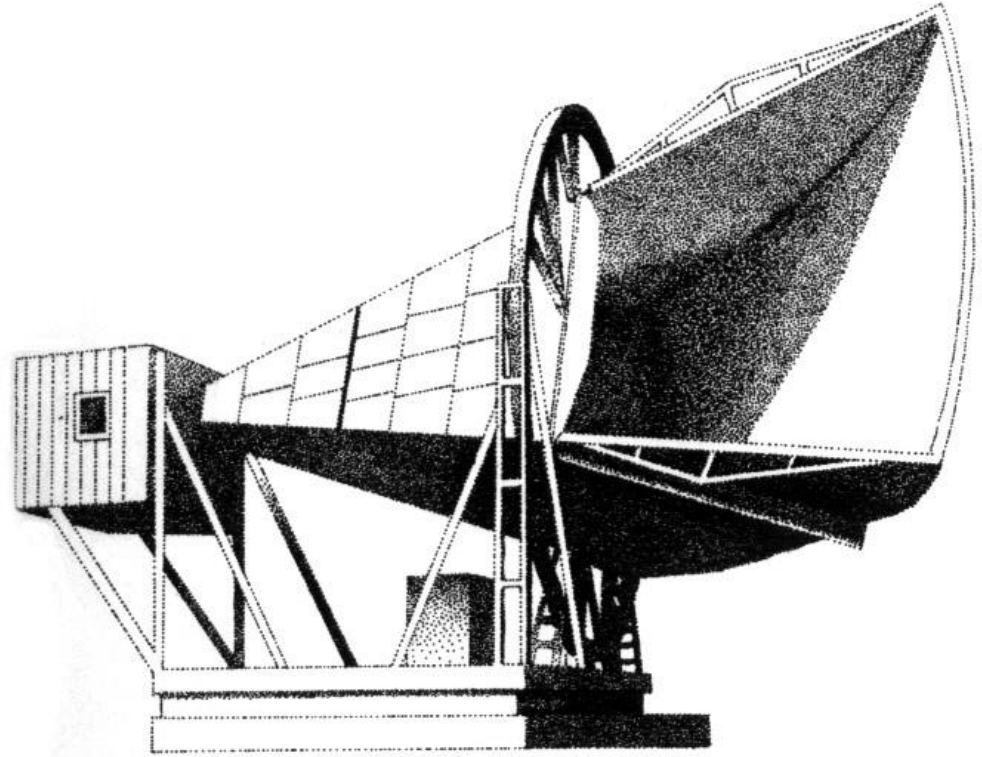
umístění: Murray Hill, New Jersey

vlastník: Bell Telephone Laboratories

sběrná plocha: 25 m²

citlivost: dopředu/zpět 3000:1

vlnová délka: 7,3 cm

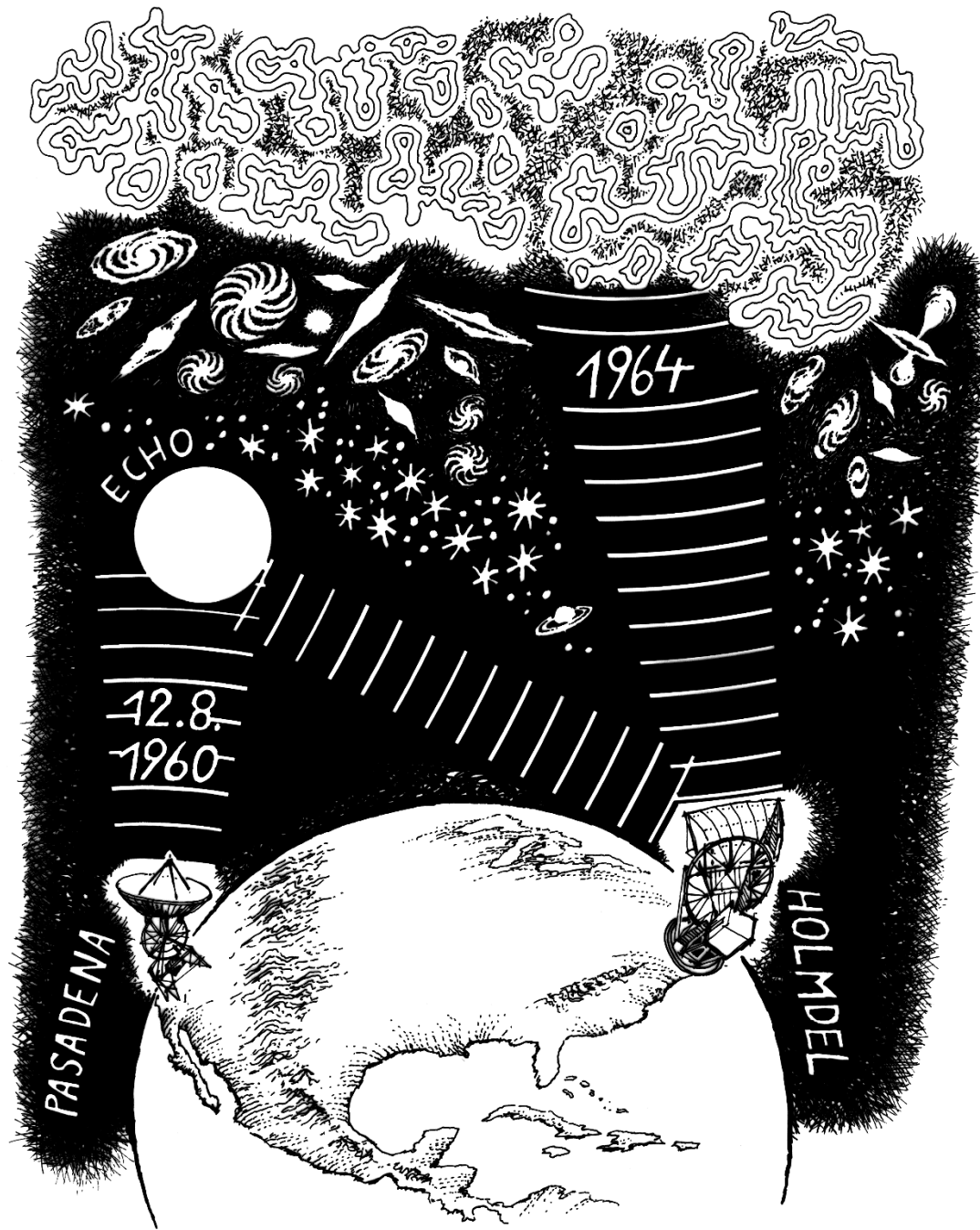


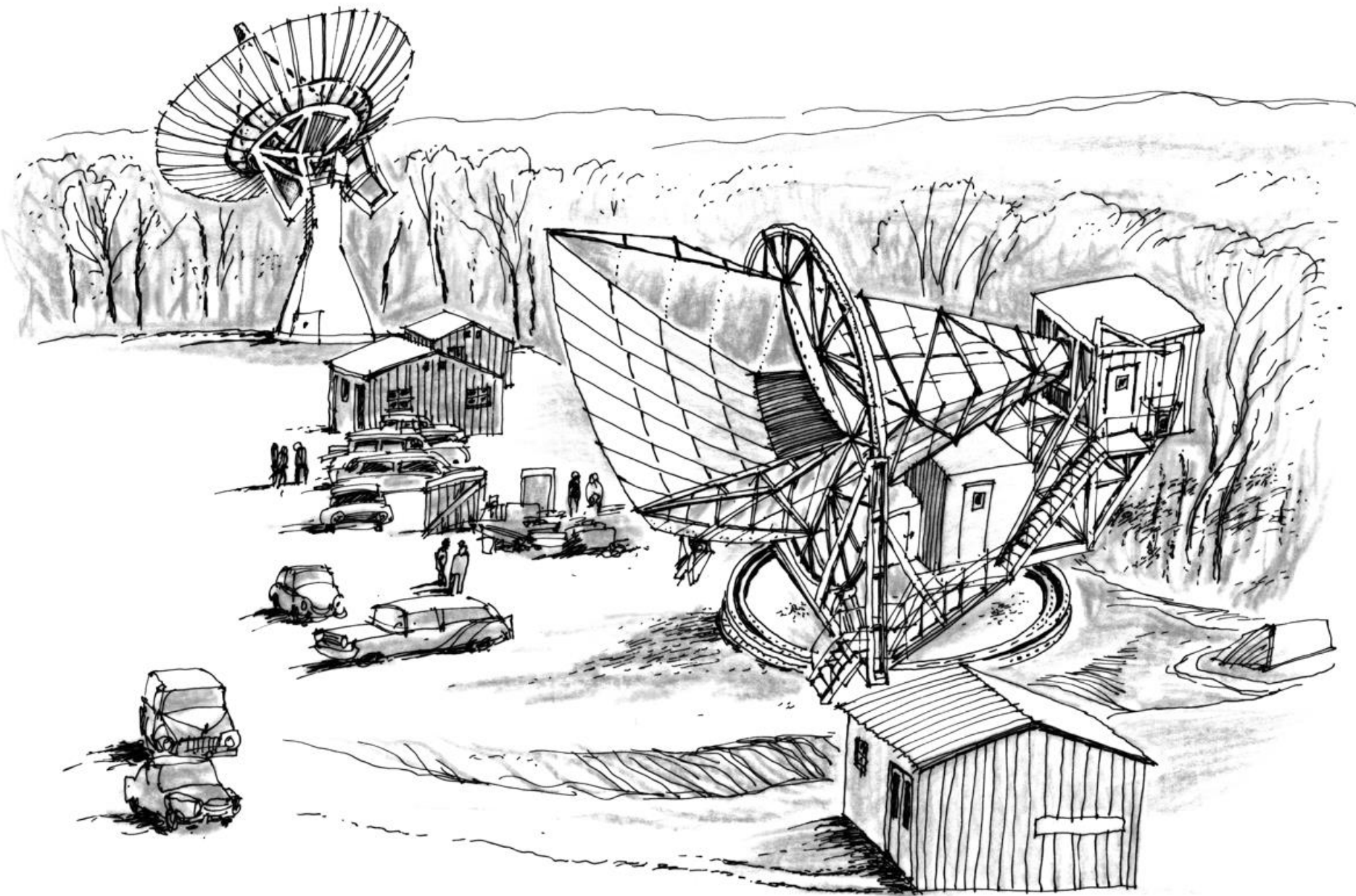
Arno Penzias



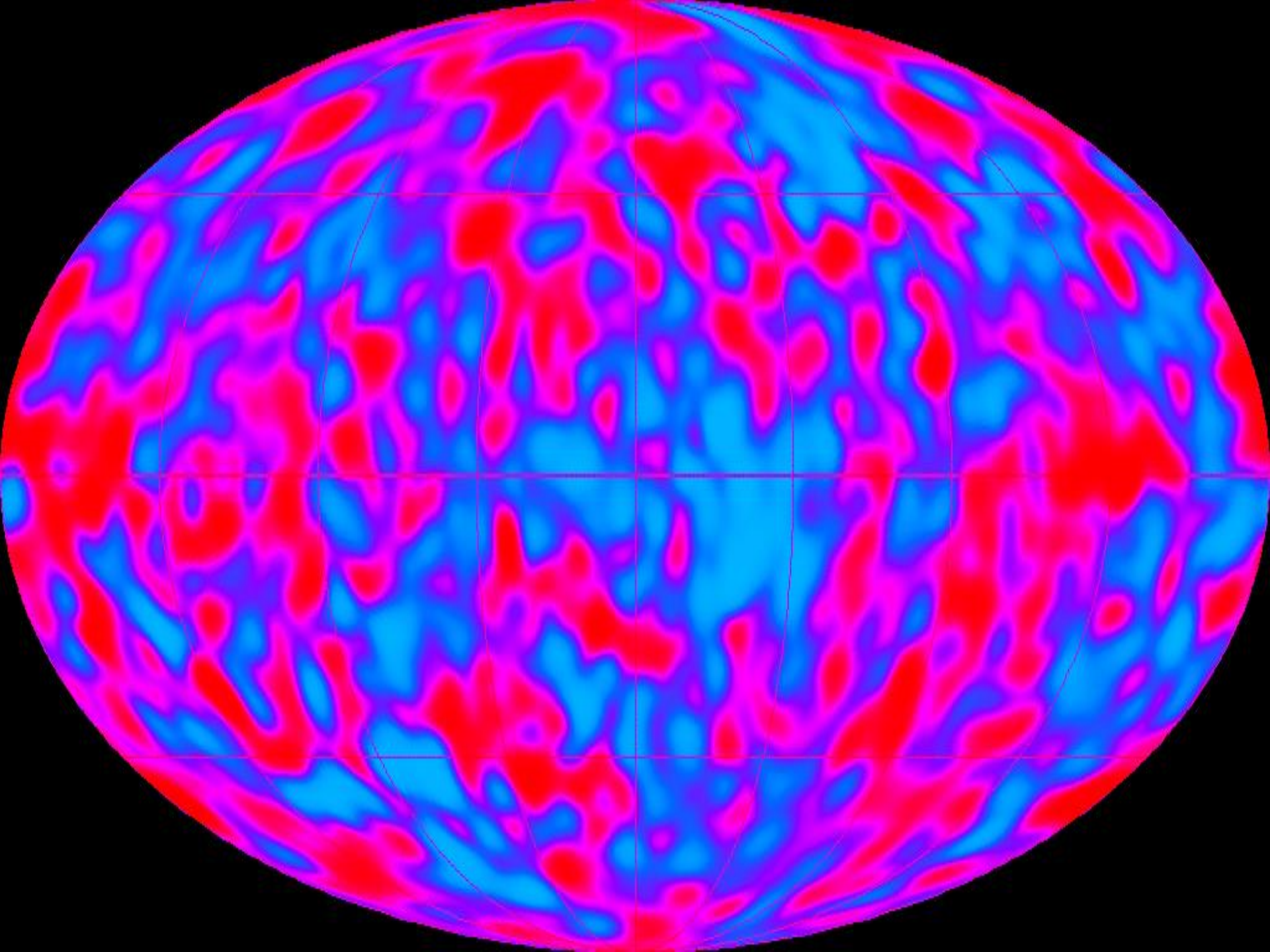
Robert Wilson









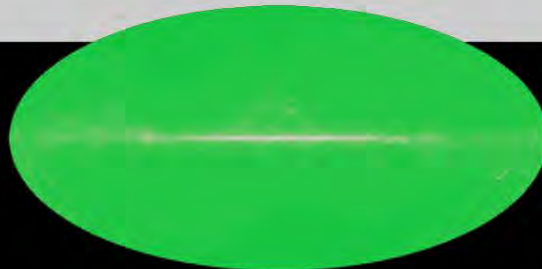


1965



Penzias a Wilson

objev šumu z konce
Velkého třesku
1 pásmo

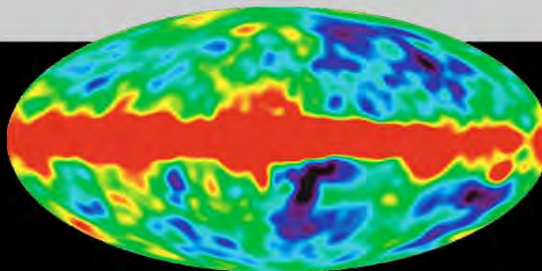


1989/1992

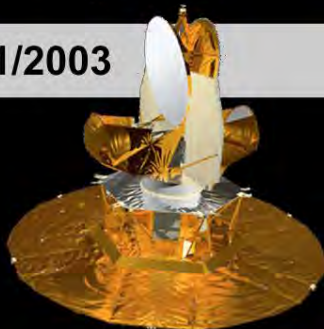


COBE

jde o záření černého tělesa $T = 2,73 \text{ K}$
objev fluktuací (anizotropie)
 $\Delta T = 400 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 7^\circ$
3 pásma

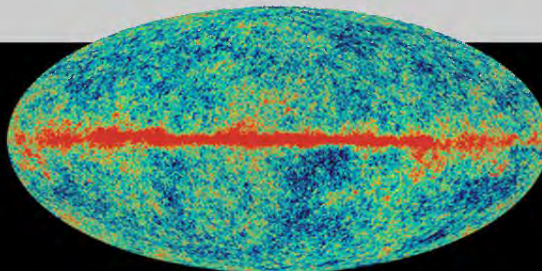


2001/2003

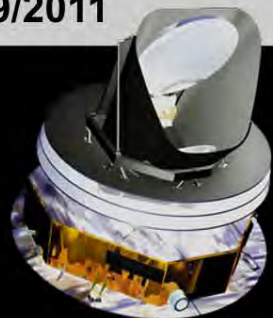


WMAP

stanovení základních
parametrů Vesmíru
 $\Delta T = 20 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 15'$
5 pássem

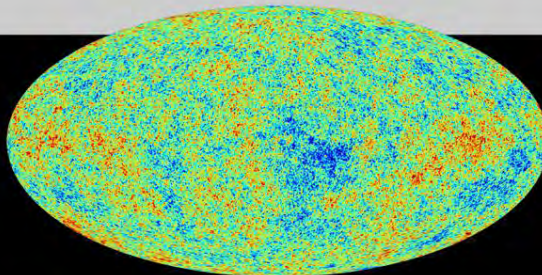


2009/2011



Planck

$\Delta T = 1 \mu\text{K}$, $\Delta \varphi = 5'$
9 pássem

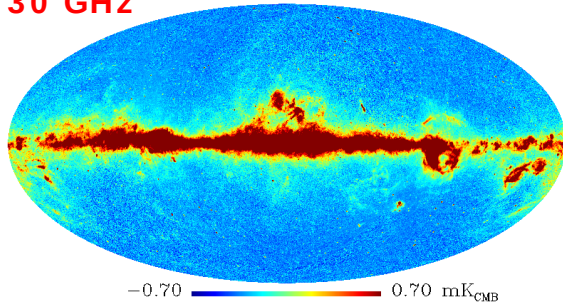


Obloha z Plancku po roce pozorování

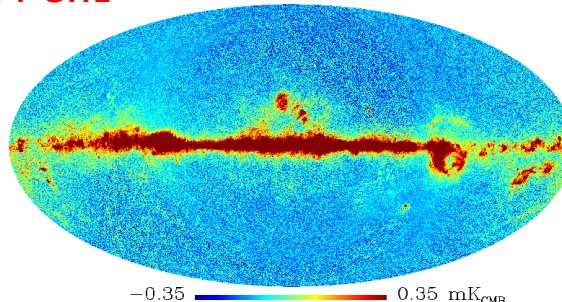


reliktní záření je odečteno

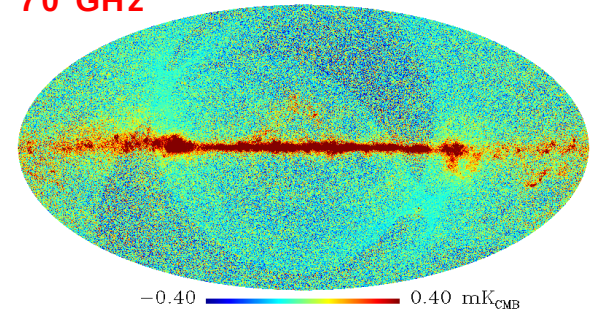
30 GHz



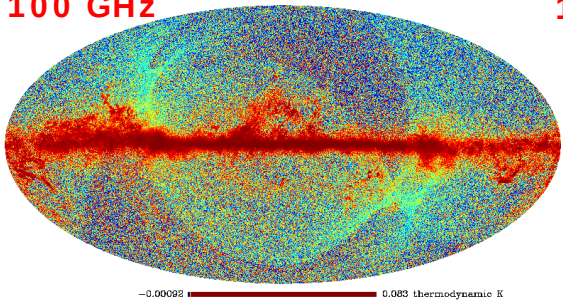
44 GHz



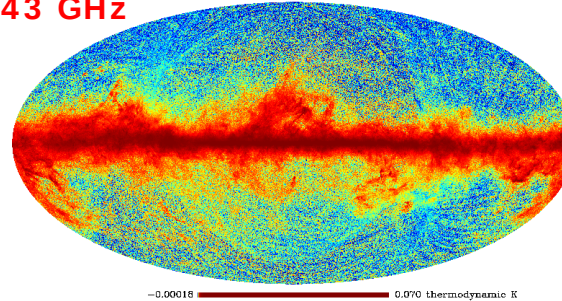
70 GHz



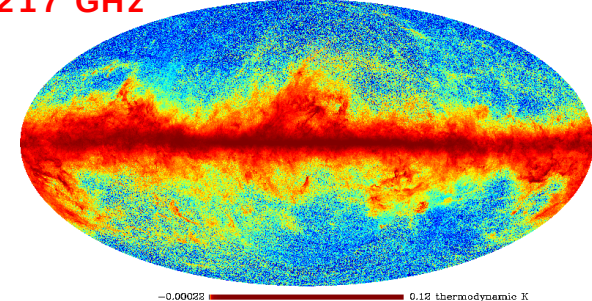
100 GHz



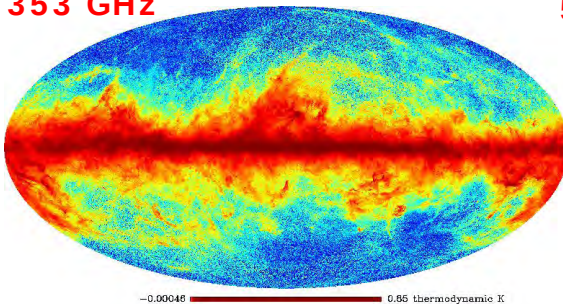
143 GHz



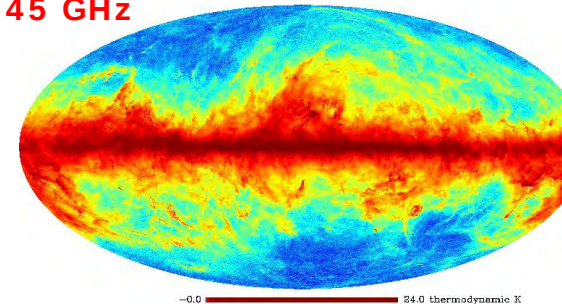
217 GHz



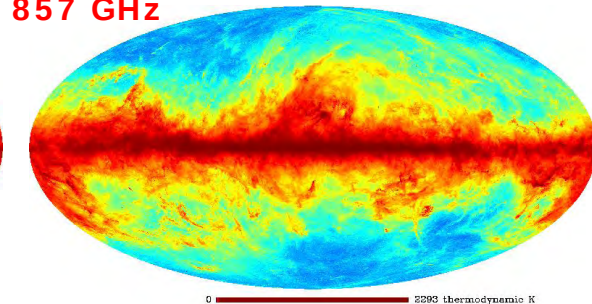
353 GHz



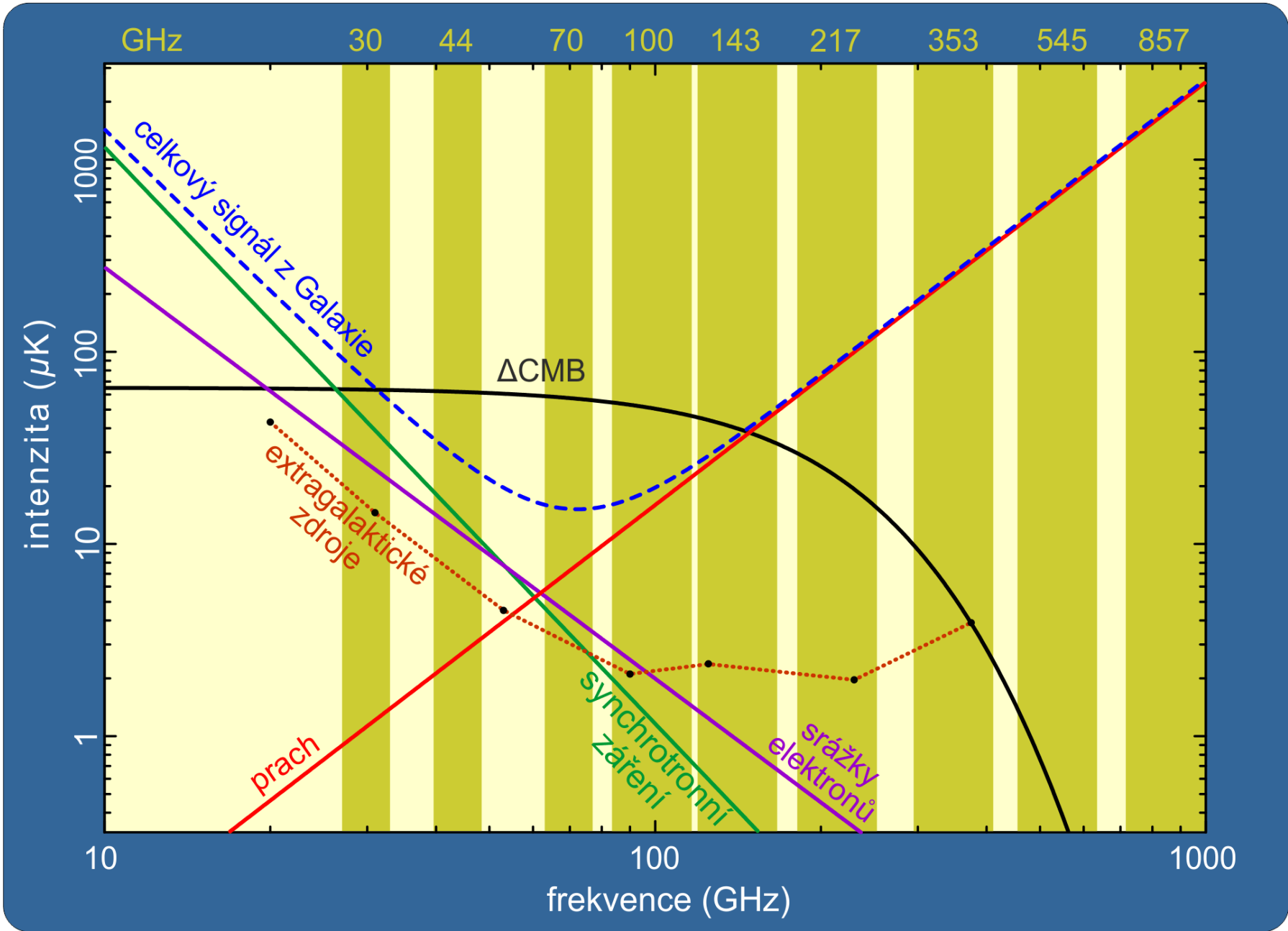
545 GHz



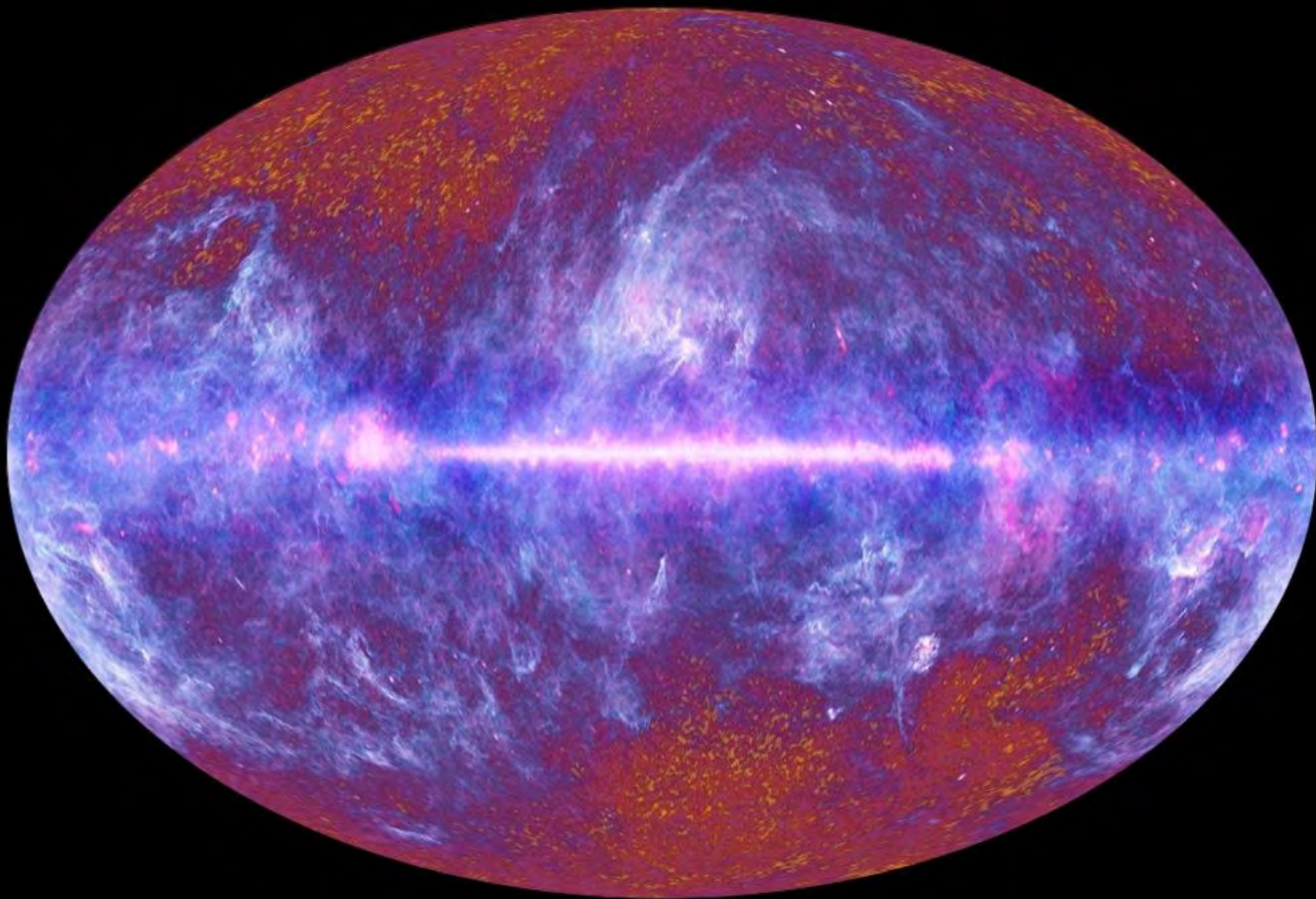
857 GHz



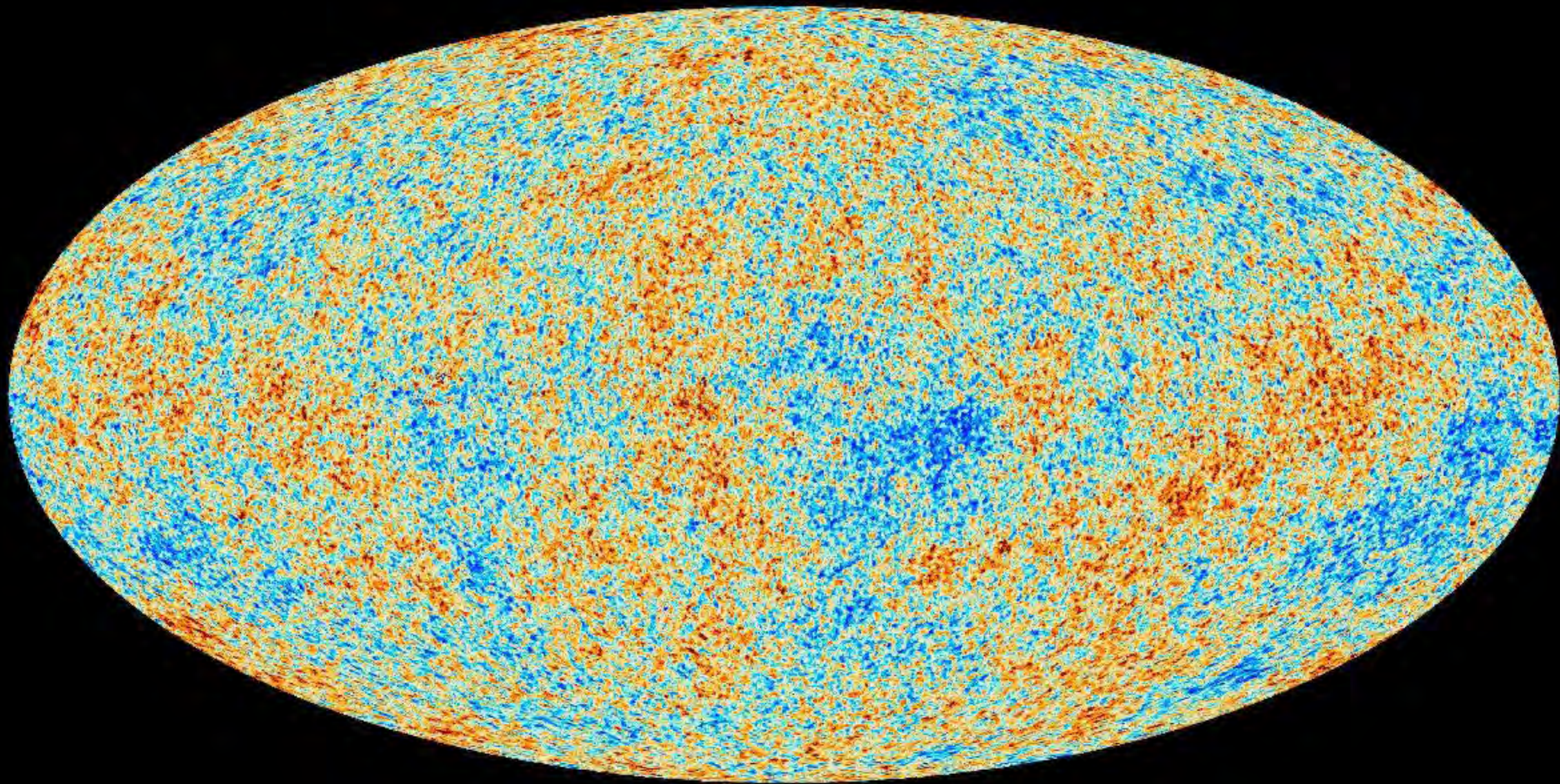
Separace signálu



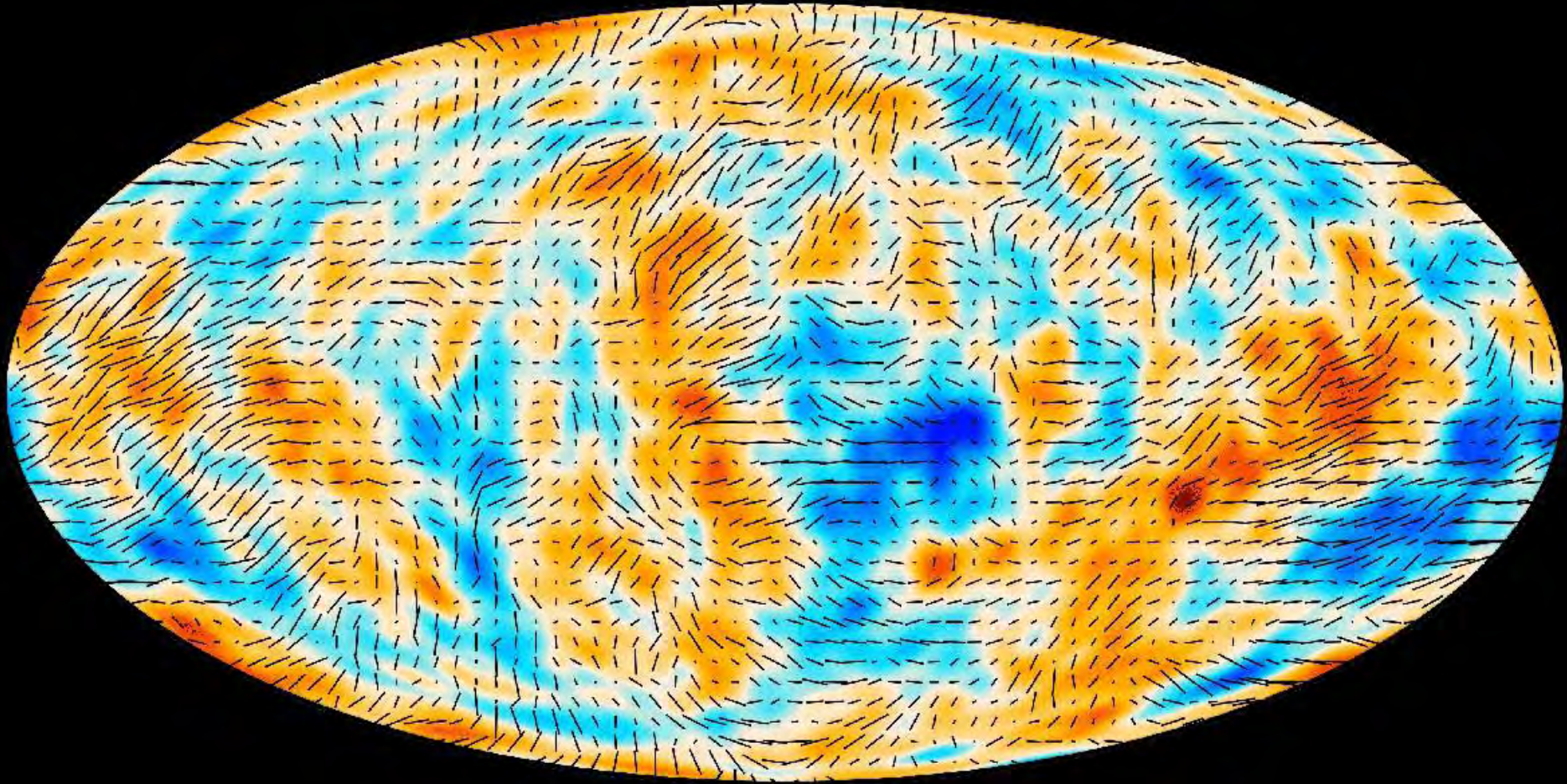
Planck, po roce (červenec 2010)

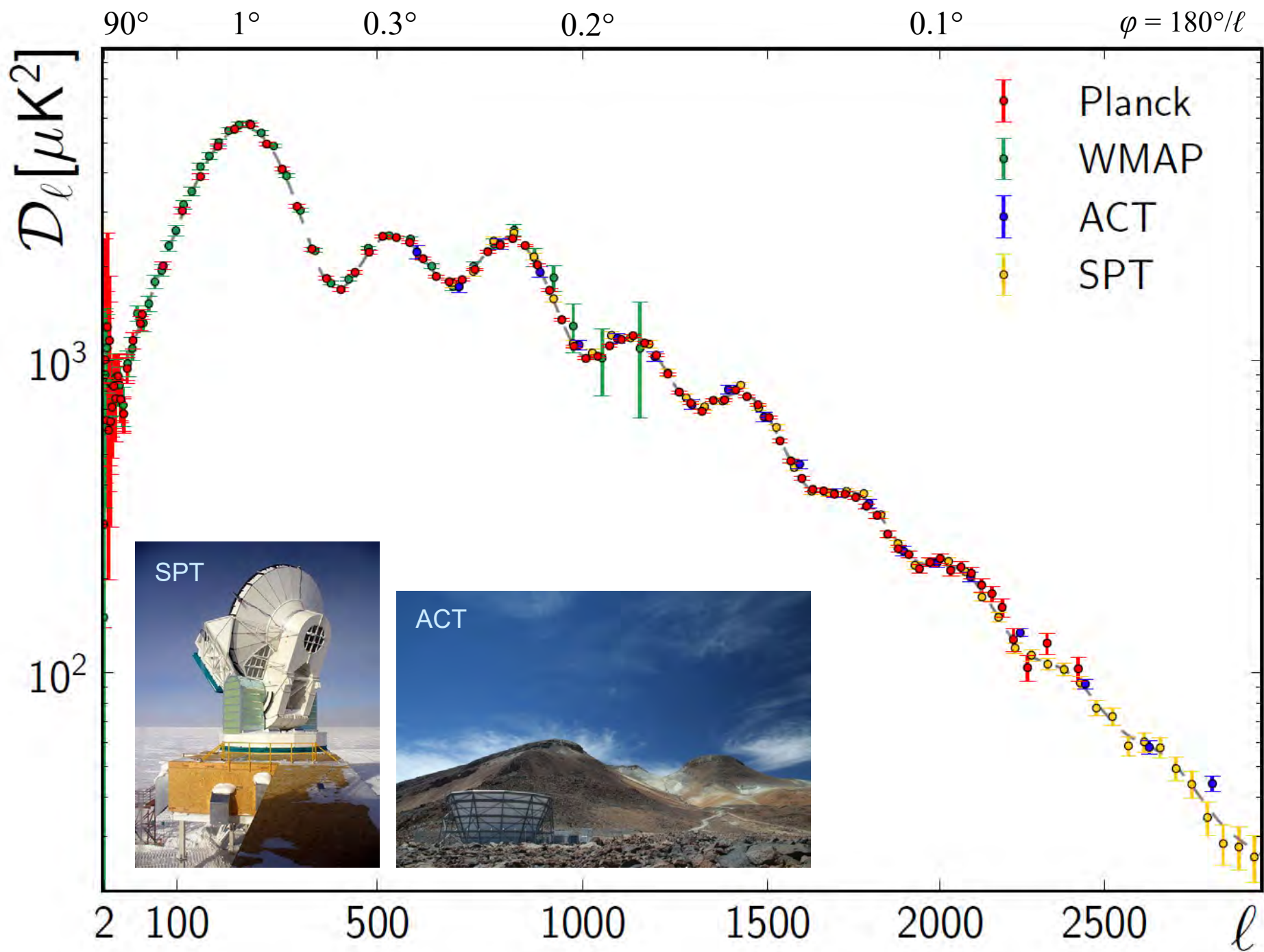


2018 CMB



2018 CMB





parametr	Planck
stáří vesmíru	$13,8 \times 10^9$ let
konec Velkého třesku	380 000 let
první hvězdy	550 000 000 let
Hubbleova konstanta	70 km/s/Mpc
množství atomární látky	5 %
množství temné hmoty	27 %
množství temné energie	68 %