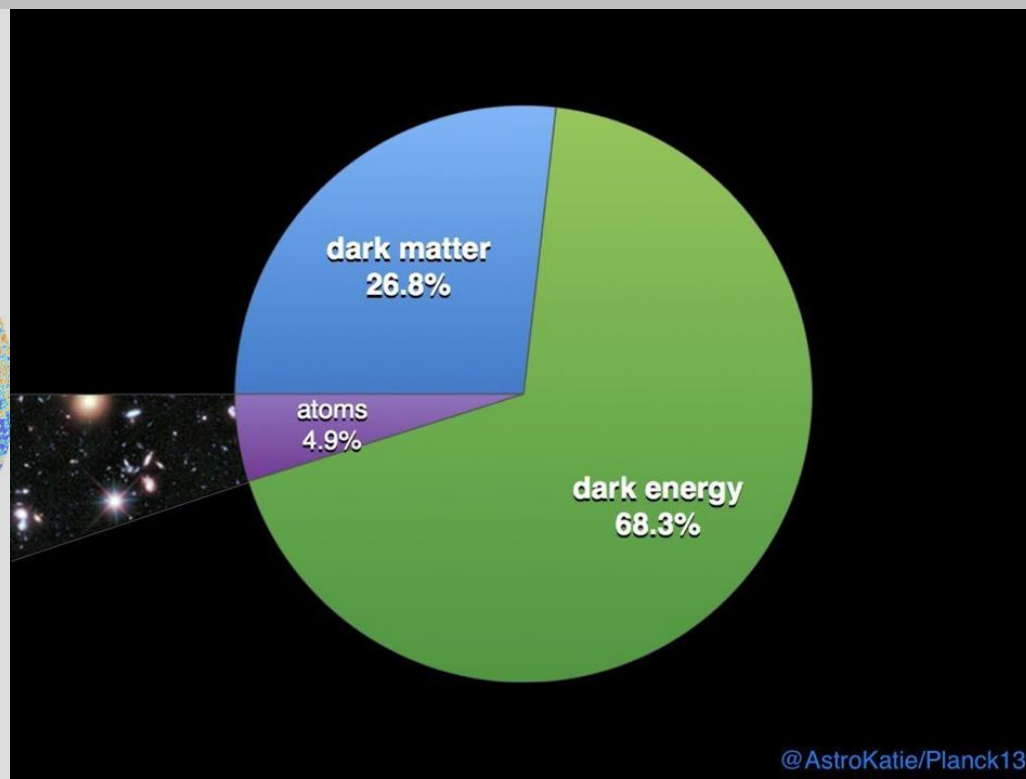
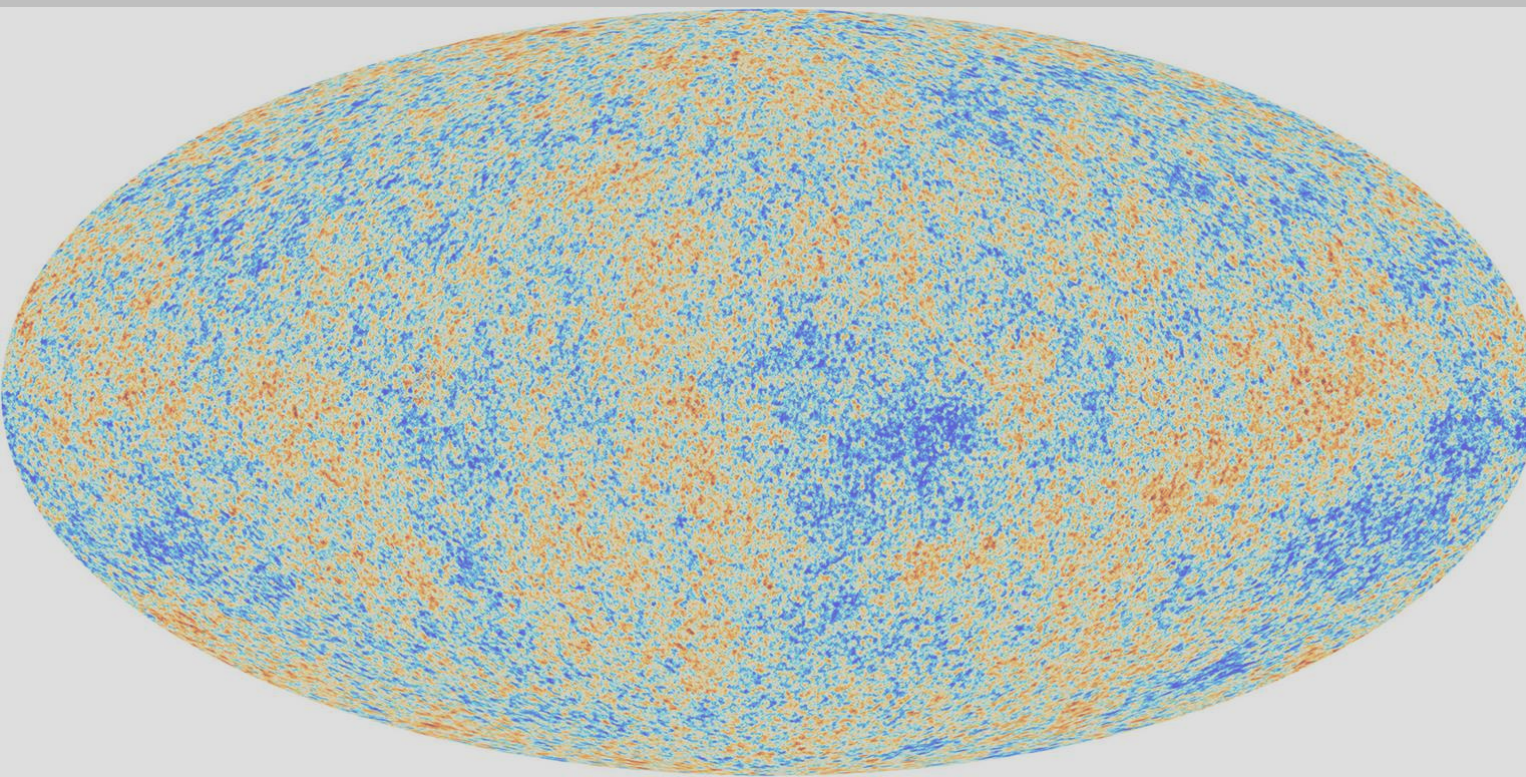


Planck → Leeftijd en Samenstelling Cosmos



Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**

 Mentimeter

Deze workshop maakt gebruik van Mentimeter. Wil je meedoen; ga naar menti.com en join

21 responses



Uitgangpunten Λ CMB Model

1. De fysica is overal in de ruimte hetzelfde
2. De algemene relativiteit geeft een goede beschrijving
3. Het heelal is op grote schaal homogeen
4. Het heelal was veel heter en dichter en expandeert vanaf het begin
5. De inhoud van het heelal bestaat uit;
 - a. Donkere energie, die zich gedraagt als vacuümenergie (dichtheid onafhankelijk van expansie)
 - b. Donkere materie: ze is stabiel, koud, oefent geen druk uit, geeft interactie door zwaartekracht
 - c. Baryonische materie, materie zoals we die kennen (vooral waterstof en helium)
 - d. Fotonen
 - e. Neutrino's
6. De ruimte is vlak of tenminste vrijwel vlak
7. Er waren initiële variaties in de dichtheid en temperatuur, Gaussisch, adiabatisch en vrijwel schaalinvariant zijn





Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**

We zien hier een mist van ruim 3000 Kelvin, wat zien we?

18 responses

Plasma

Oppervlak van ster

Fotonen

Rest van oerknal

De zon, straling

Kleine variaties in temperatuur

Straling

Straling

Antares

Energie 'van de Schepper'

Opaque omgeving, plasma, botsende fotonen

Dichtheid of temperatuurverschillen

Verstrooiing van fotonen

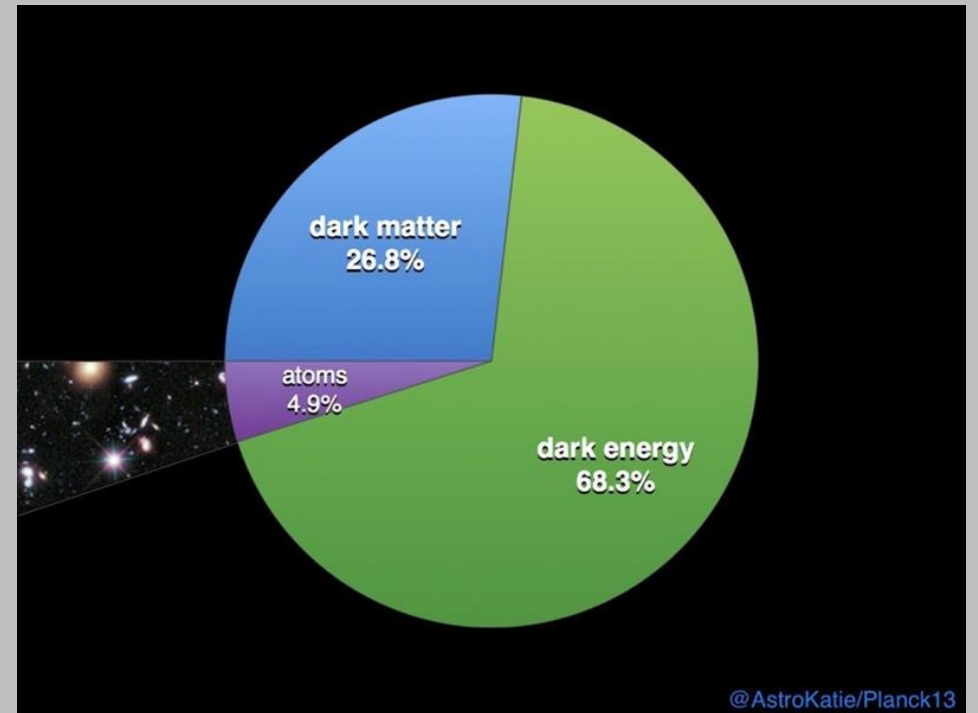
Plasma

Drukgolven van energie

Voornaamste bestanddelen van het heelal

- a. Donkere energie, die zich gedraagt als vacuümenergie (dichtheid onafhankelijk van expansie)
- b. Donkere materie: ze is stabiel, koud, oefent geen druk uit, geeft interactie door zwaartekracht
- c. Baryonische materie, materie zoals we die kennen (vooral waterstof en helium)

Samen leveren ze een vlak heelal op



Wat is de energieinhoud van een vlak heelal?

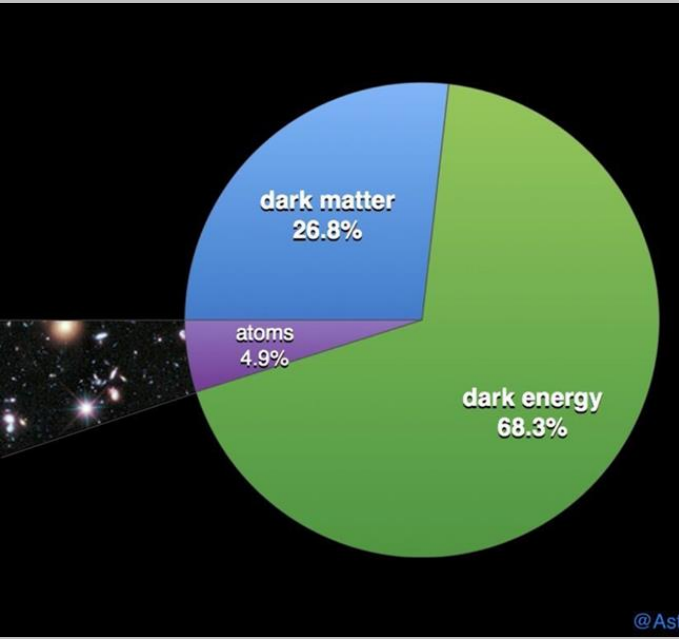
16 responses

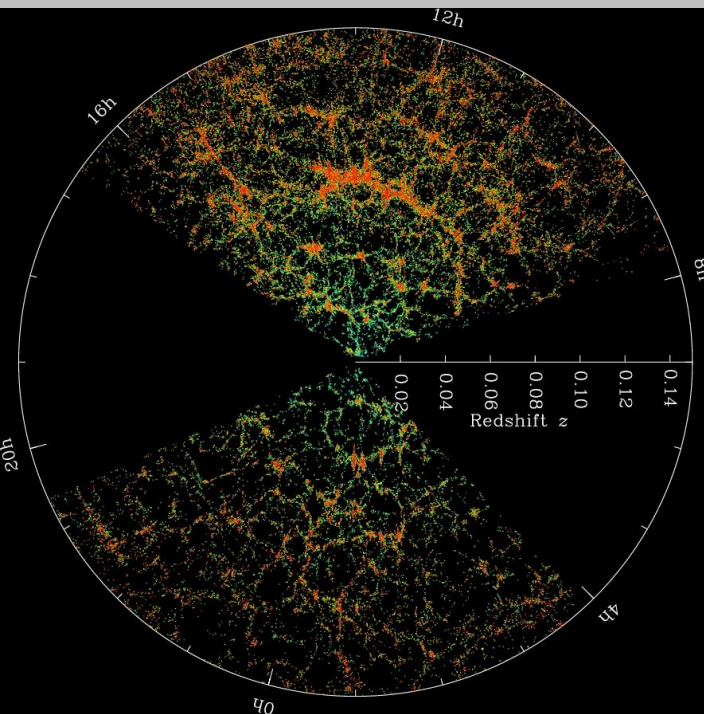


3 prot per m²
1 m³ 0
1 waterstofkern per m³
e-30 kg per m³ j-m³ 6 p
1 joule per m³
1 proton per m³
een atoom per het zonnest

4 per m³
kweetnie
1
5 atomen per m²
6 protonen per m³

3 per m³





Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**

Alle materie die we zien is baryonische materie. Wat is de gemiddelde dichtheid ervan

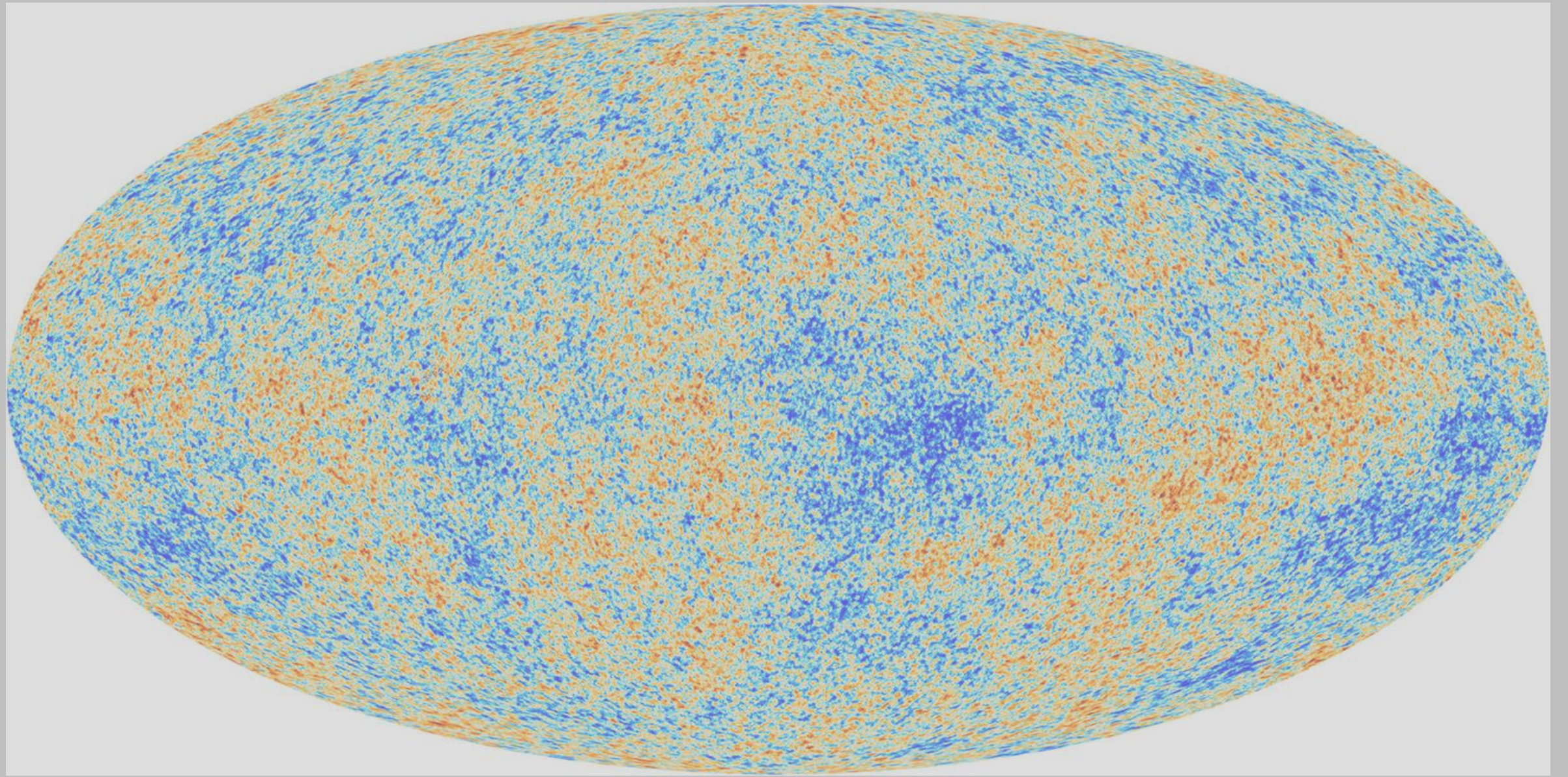
17 responses

zeer laag

rood verschuiving
 1 proton per 5m³
 10-20 42 6 1 025p 25
6 protonen per m³
 1 galaxy per mpc³
 1 per kuub 3 per m³
 6 batupnen per
 250 atomen per cm³

CMB COBE



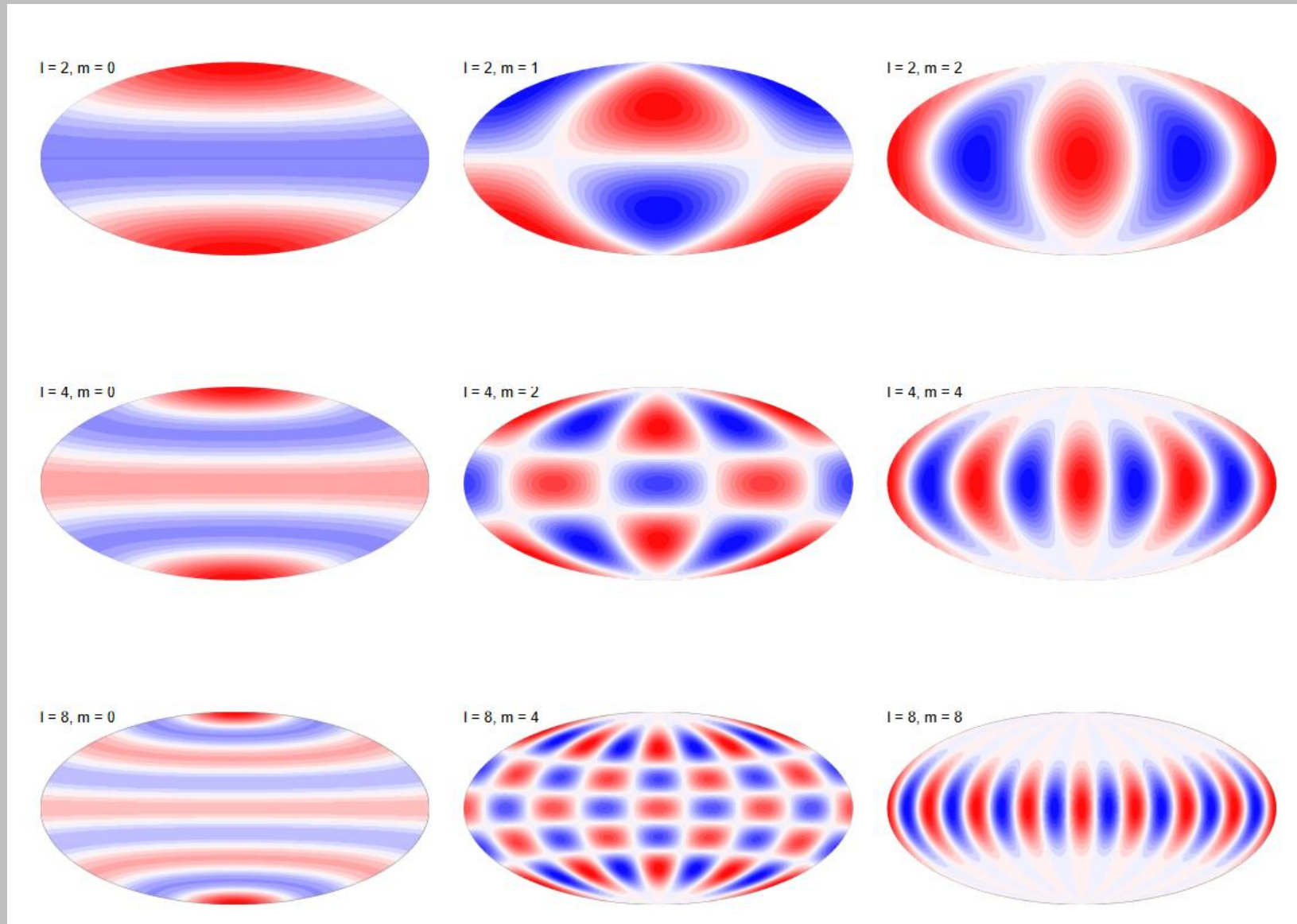


-300



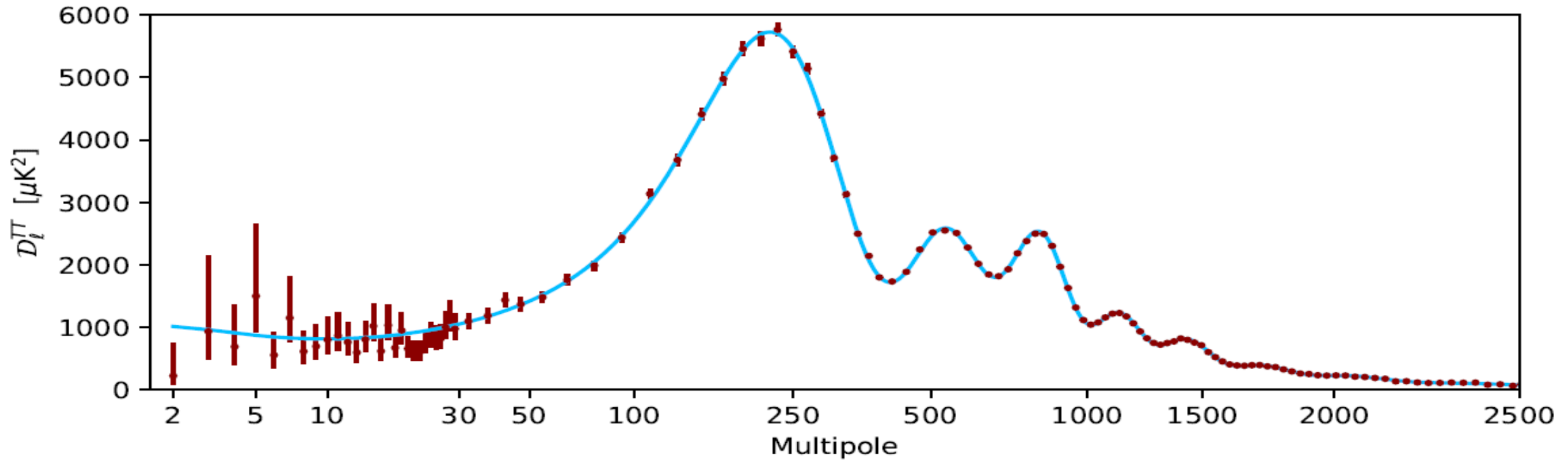
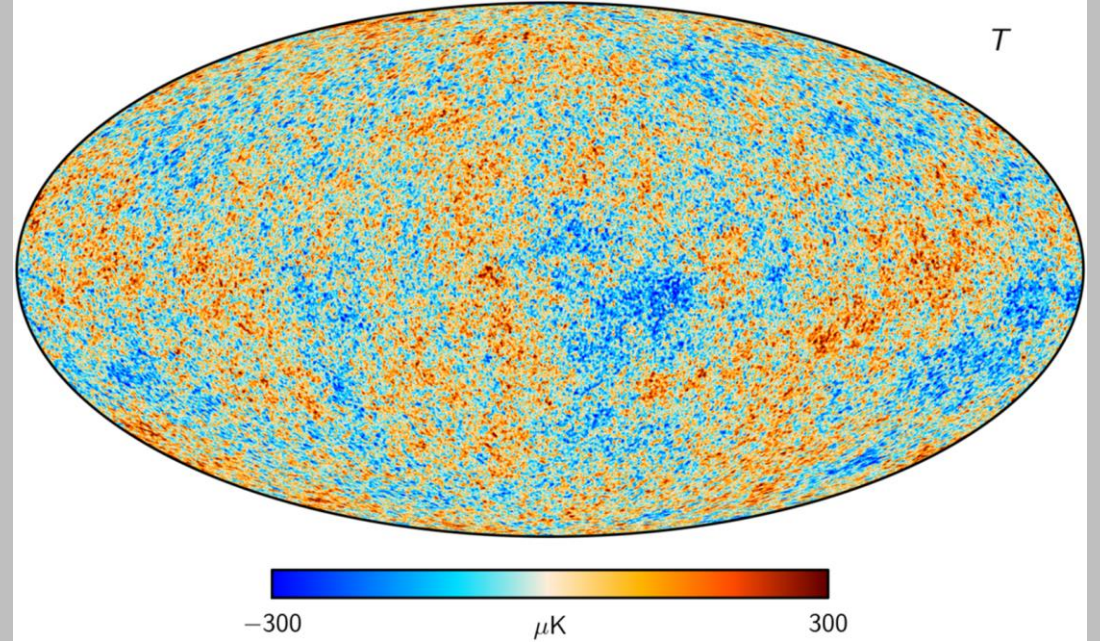
300 μK

Harmonische bolfuncties (Y_{lm})



Spectrum van temperatuurfluctuaties van de CMB

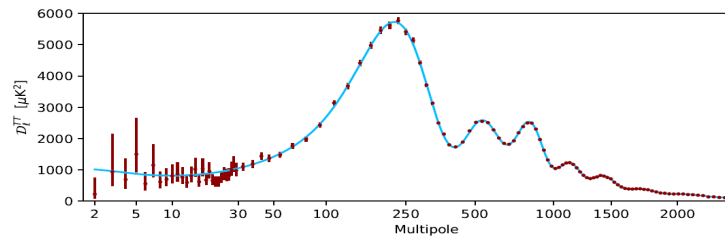
$$D_l^{TT} = \frac{l(l+1)}{2\pi} C_l^{TT}$$



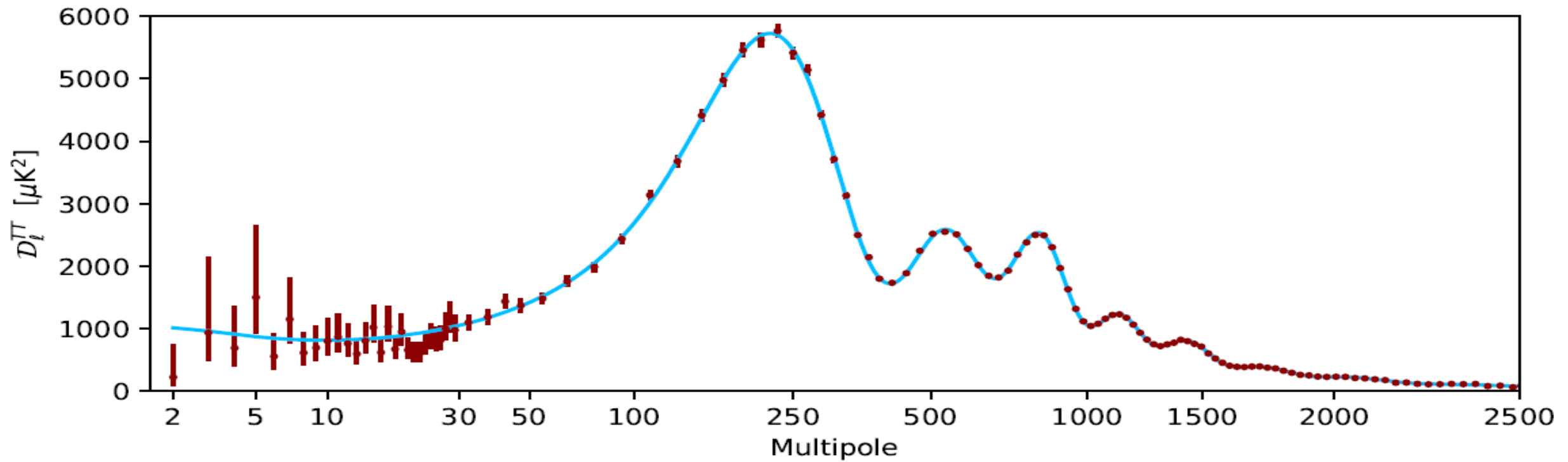
Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**

Bekijk de grafiek . Kun je parameters bedenken die voor de analyse kunt gebruiken?

20 responses



temperatuurverdeling tov
hubble parameter
donkere materie
tijd
dichtheidsgolven
dichtheid
afstand
temperatuur
hoekafstand
abs temp in kelvin
frans
correlatie
afgeleiden
amplitude



1. De gemiddelde amplitude van de fluctuaties
2. Het multipoolgetal van het maximum van de verdeling (of de erbij horende hoekmaat in graden)
3. De gemiddelde helling van de grafiek

Planck parameters

Geselecteerd

1. Het multipoolgetal van het maximum van de verdeling (of de erbij horende hoekmaat in graden)
2. De gemiddelde amplitude van de fluctuaties
3. De gemiddelde helling van de TT grafiek

Gezocht nog tenminste drie parameters.

Suggesties:

- Aantal pieken in de TT-curve
- Leeftijd heelal
- Energie aandeel donkere energie
- Geluidssnelheid dichtheidsgolven
- Huidige uitdijingsnelheid heelal
- Optische dichtheid vóór reïonisatie
- Optische dichtheid na reïonisatie
- Massa neutrino's
- Kromming ruimte
- Gewone (baryonische) materie
- Donkere materie
- Roodverschuiving bij de ontkoppeling
- Temperatuur bij de ontkoppeling
- Roodverschuiving bij reïonisatie

Welke parameters missen we nog?

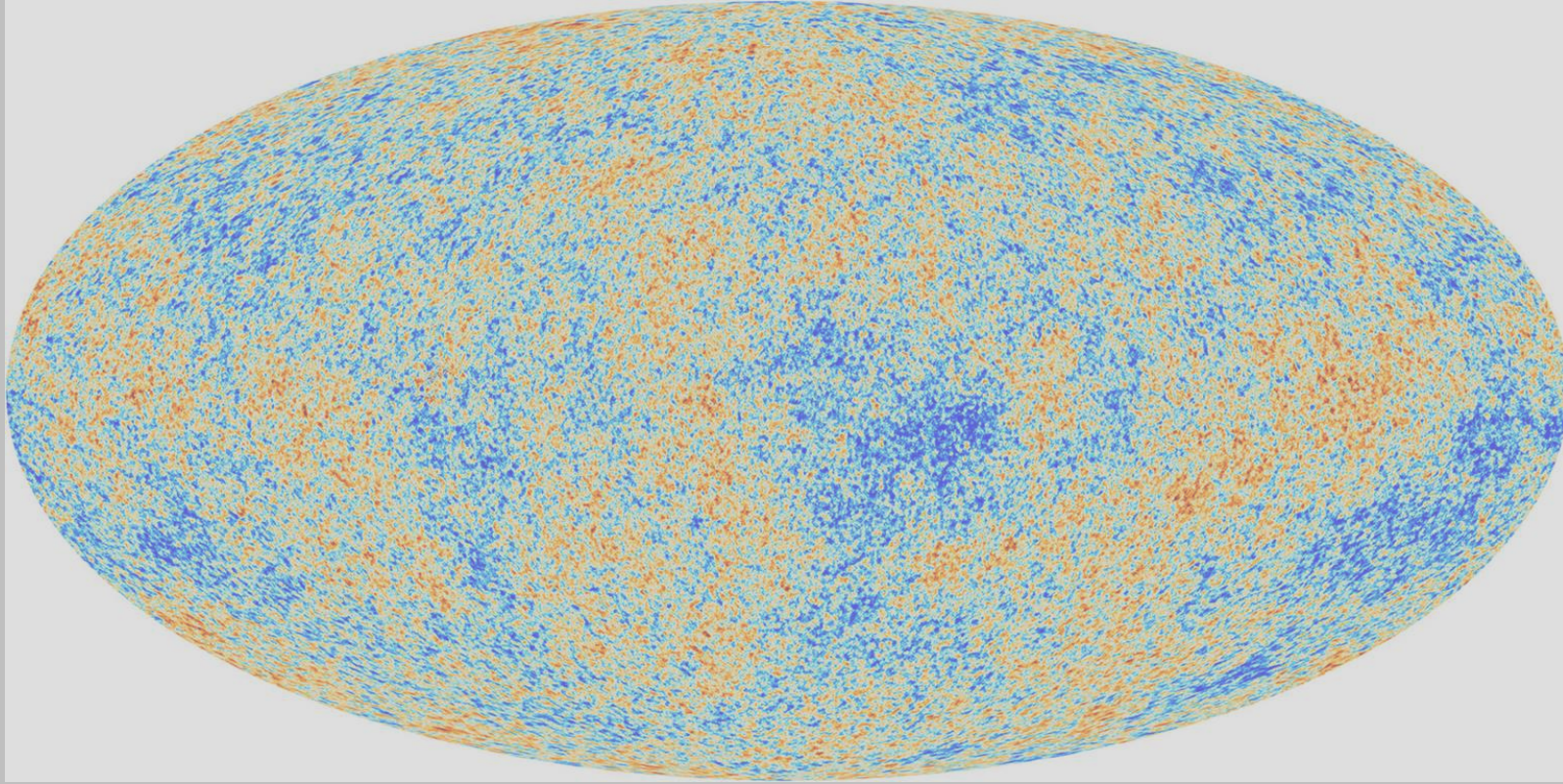
16 responses

huidige variatie in mater
geluidssnelheid bar materie
kromming ruimte
temperatuur bij ontkoppel
ne materie c hoek rood verschuiving
planck energie in erg geluidssnelheid
roodverschuiving



Suggesties:

- Aantal pieken in de TT-curve
- Leeftijd heelal
- Energie aandeel donkere energie
- Geluidssnelheid dichtheidsgolven
- Huidige uitdijingsnelheid heelal
- Optische dichtheid vóór reïonisatie
- Optische dichtheid na reïonisatie
- Massa neutrino's
- Kromming ruimte
- Gewone (baryonische) materie
- Donkere materie
- Roodverschuiving bij de ontkoppeling
- Temperatuur bij de ontkoppeling
- Roodverschuiving bij reïonisatie



4. De doorzichtigheid van de kosmos tussen ons en de afstand waarop dit beeld ontstond (na reïonisatie)
5. Dichtheid van donkere materie
6. Dichtheid van baryonische materie

Parameters noodzakelijk en voldoende om het heelal te beschrijven

$\Omega_b h^2$	Dichtheid baryonische materie
$\Omega_c h^2$	Dichtheid koude donkere materie
Θ^*	Hoek waaronder de variaties met de hoogste amplitude waargenomen worden
τ_{re}	Optische dichtheid van het heelal tot (na) reïonisatie
A_s	Amplitude van de initiële dichtheidsfluctuaties
n_s	Exponent van de schaalafhankelijkheid van de amplitude van de initiële fluctuaties

Ω_b is het energieaandeel van de materie uitgedrukt als fractie van een vlak heelal, $\Omega_b h^2$ de dichtheid van de materie als fractie van de kritische dichtheid.

$\Omega_b h^2$	Dichtheid bary
$\Omega_c h^2$	Dichtheid koude
Θ^*	Hoekafmeting dichtheidsgolf
τ_{re}	Optische dicht reïonisatie
A_s	Amplitude van
n_s	Exponent van amplitude van

[Ga naar menti.com](https://menti.com) | en gebruik de code **6858 5481**

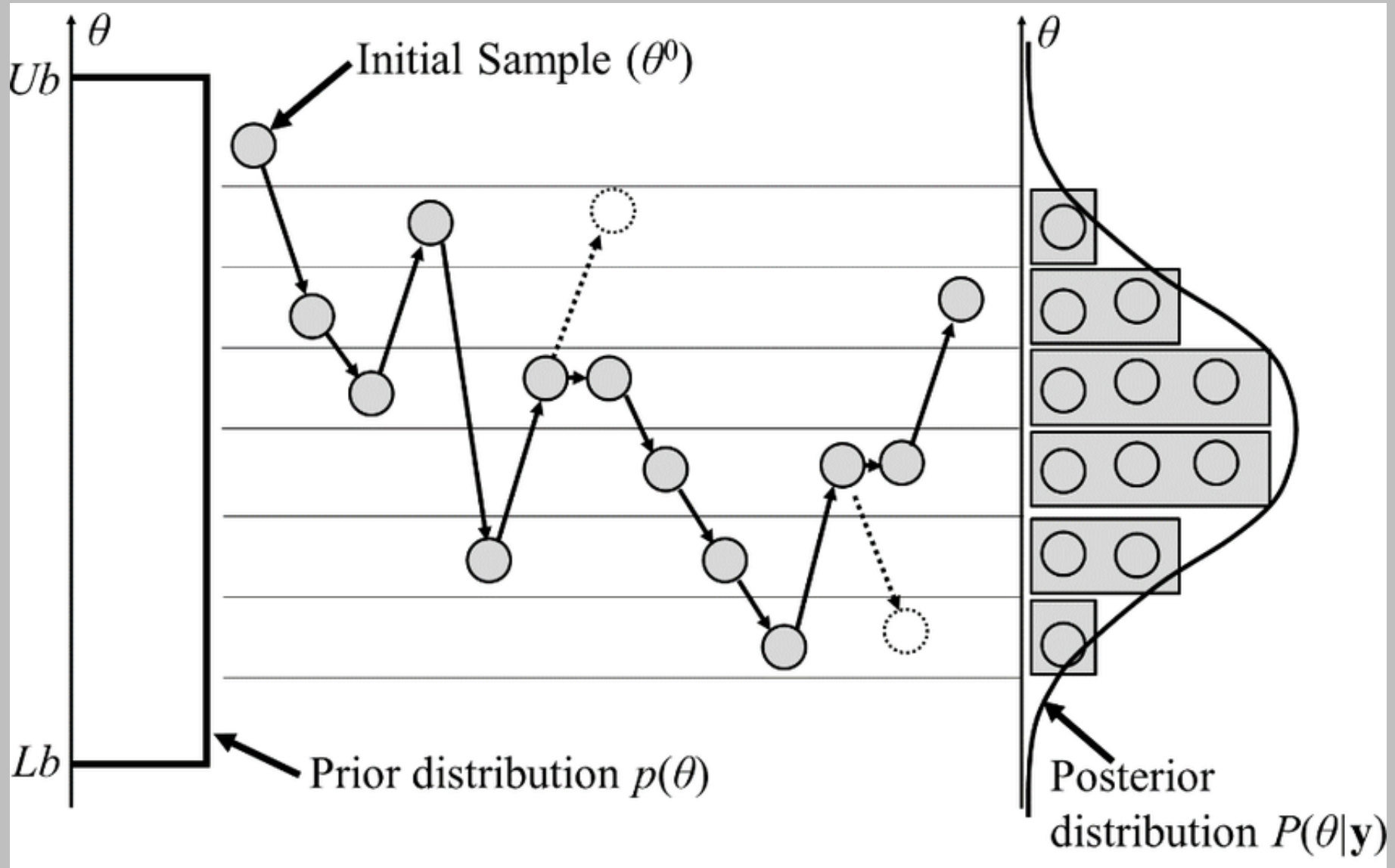

We hebben zes parameters nodig voor het model. Helaas zijn er enkele direct gekoppeld.

14 responses

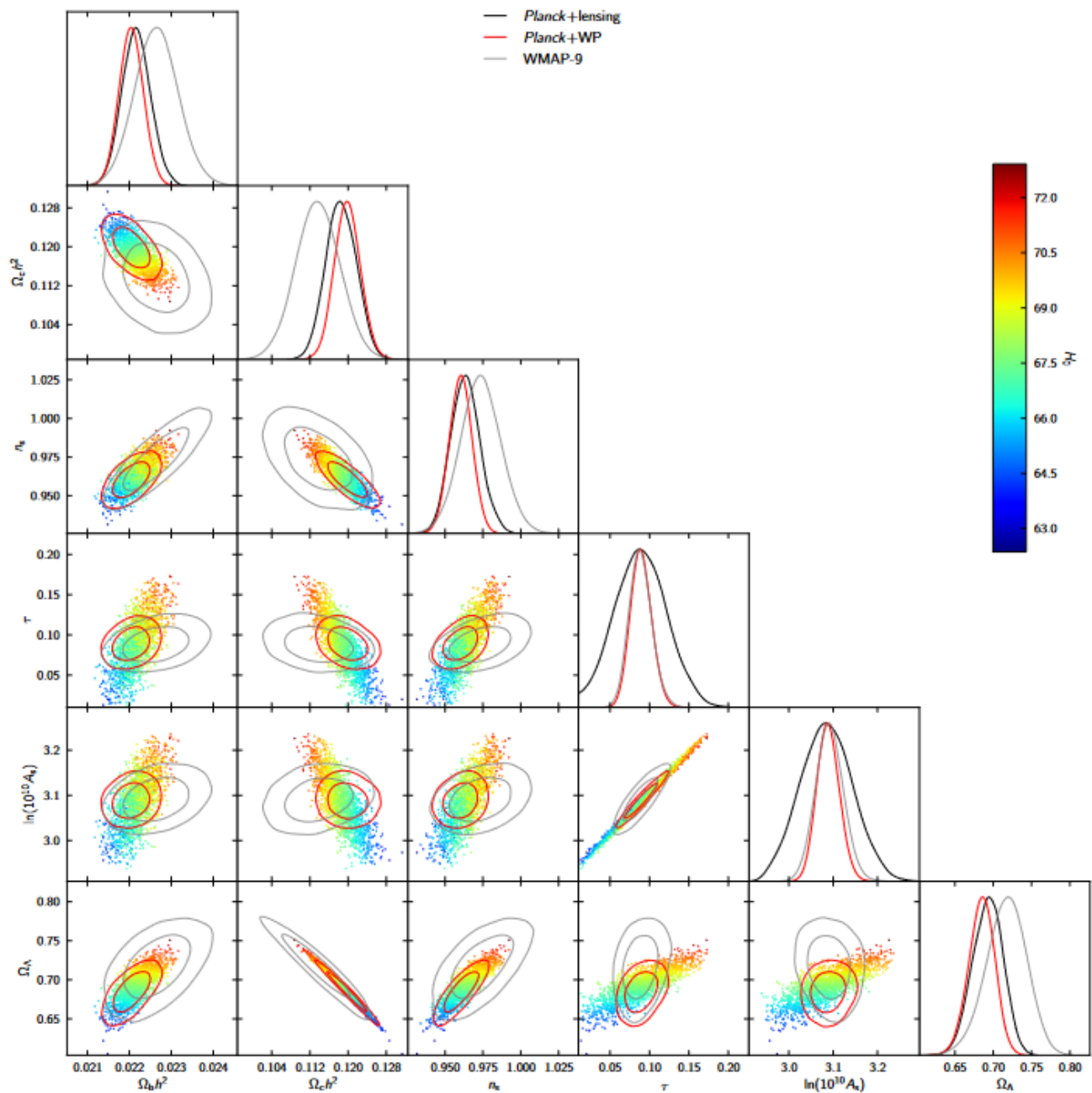
1,4	3 en 6	1 en 4
Dichtheden	1 en 4	5 en 6
3 en 4	1+2	een en vier
1 en 2, 3 en 4	1 e3	1 en 4
5 en 6	4,5	



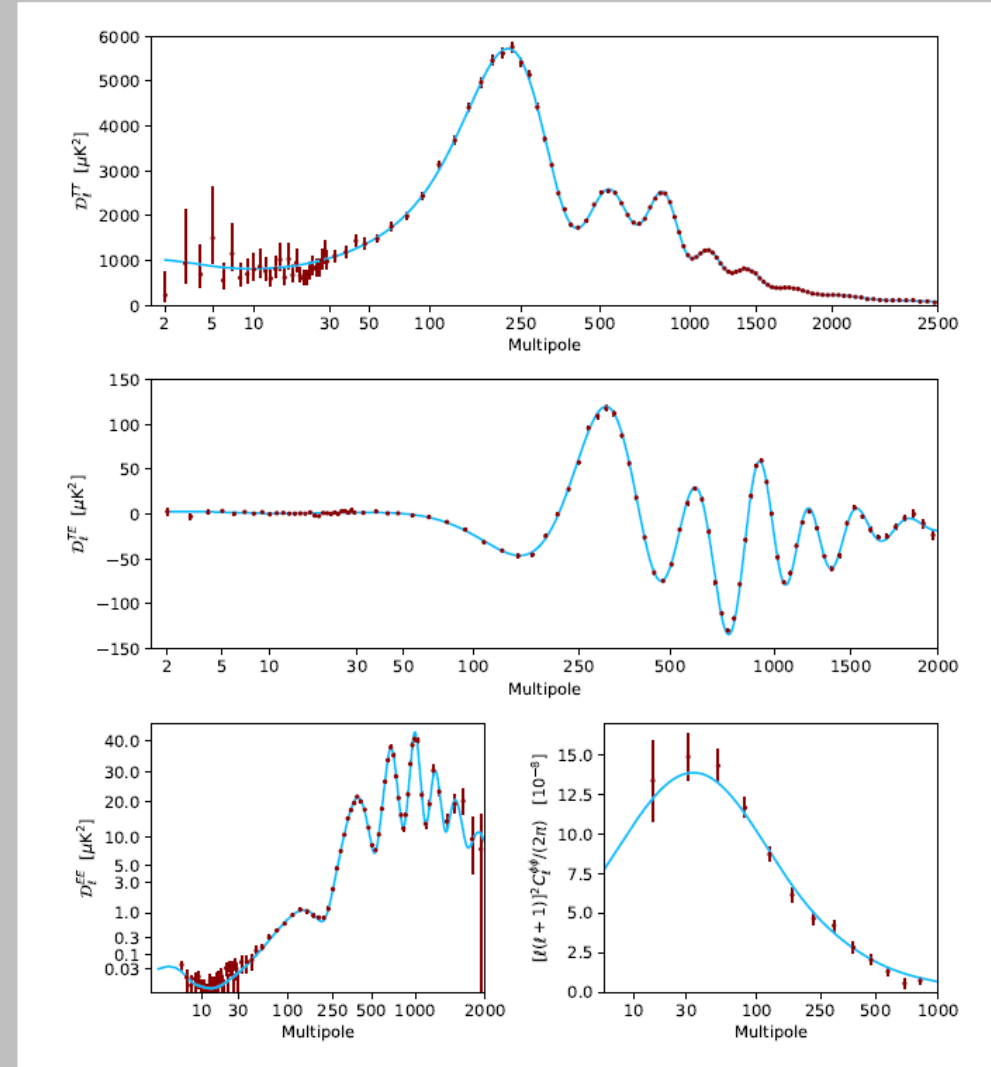
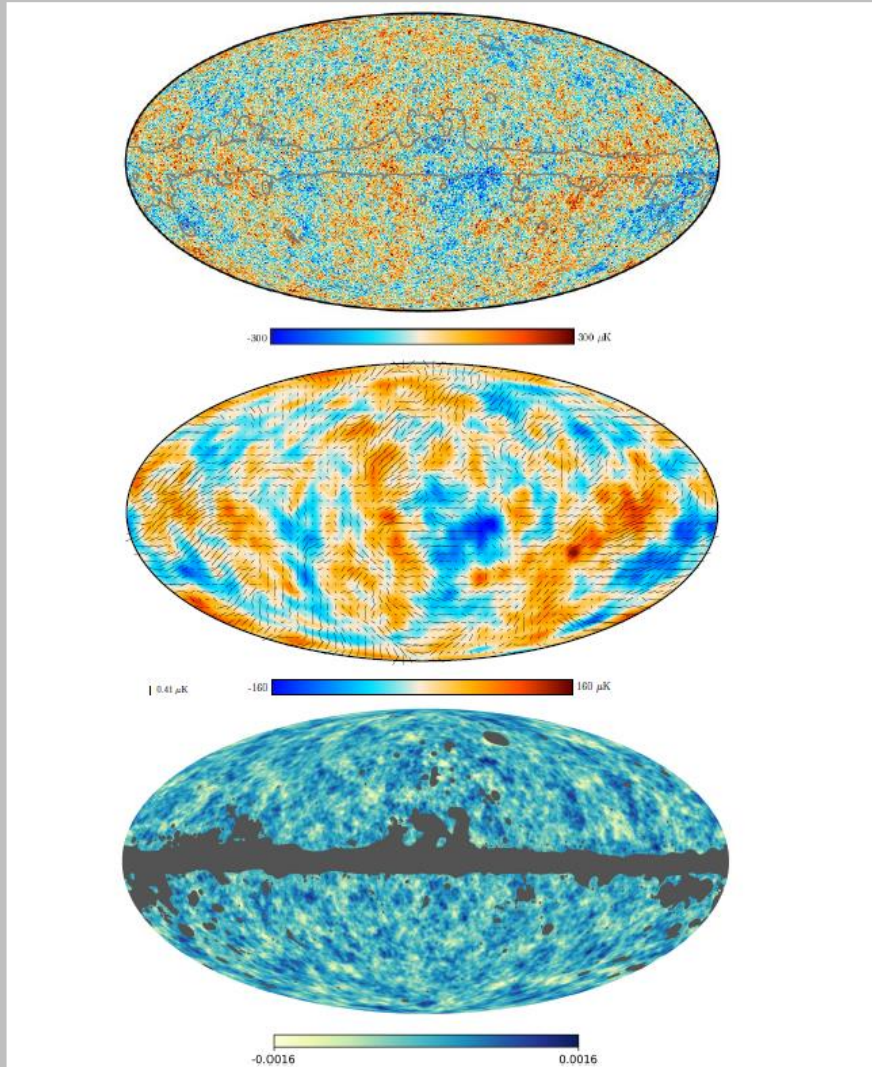
Metropolis Hastings algoritme



Planck Collaboration: Cosmological parameters



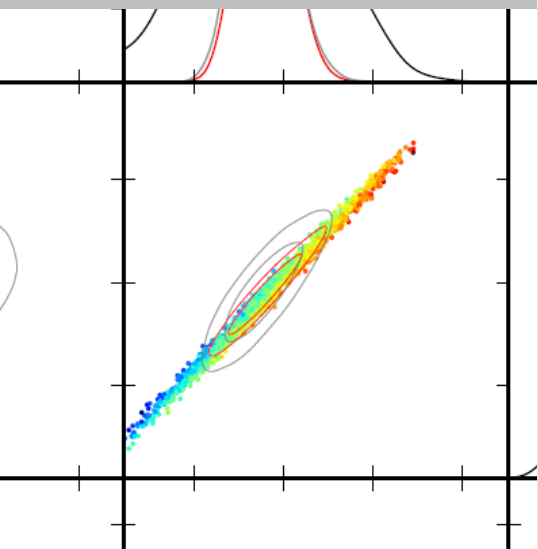
De Kosmische achtergrondstraling volgens Planck



Waarde direct bepaalde parameters

Par.	Omschrijving	Waarde	Dim
$\Omega_b h^2$	Huidige baryonische materie	$0,0224\rho_{cr}$	kg/m ³
$\Omega_c h^2$	Huidige dichtheid donkere materie	$0,1200\rho_{cr}$	kg/m ³
Θ_*	Hoekafmeting van de dichtheidsgolf bij ontkoppeling	0,596	grd
τ_{re}	Optische dichtheid van het heelal tot reïonisatie	0,0544	-
A_s	Amplitude van de initiële dichtheidsfluctuaties ($k_o = 0,05 \text{ Mpc}^{-1}$)	$2,10 \times 10^{-9}$	-
n_s	exponent van de schaalafhankelijkheid van de amplitude van de initiële fluctuaties	0,965 (-0,034)	-

$h = H_0/100 \text{ km/s/Mpc}; \rho_{cr} \sim 9 \cdot 10^{-27} \text{ kg/m}^3$



Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**



Correlatie tussen de amplitude van de oorspronkelijke fluctuaties en de optische dichtheid na reïonisatie..

All responses to your question will be shown here

Each response can be up to 200 characters long

Turn on voting to let participants vote their favorites



Account



Content



Design

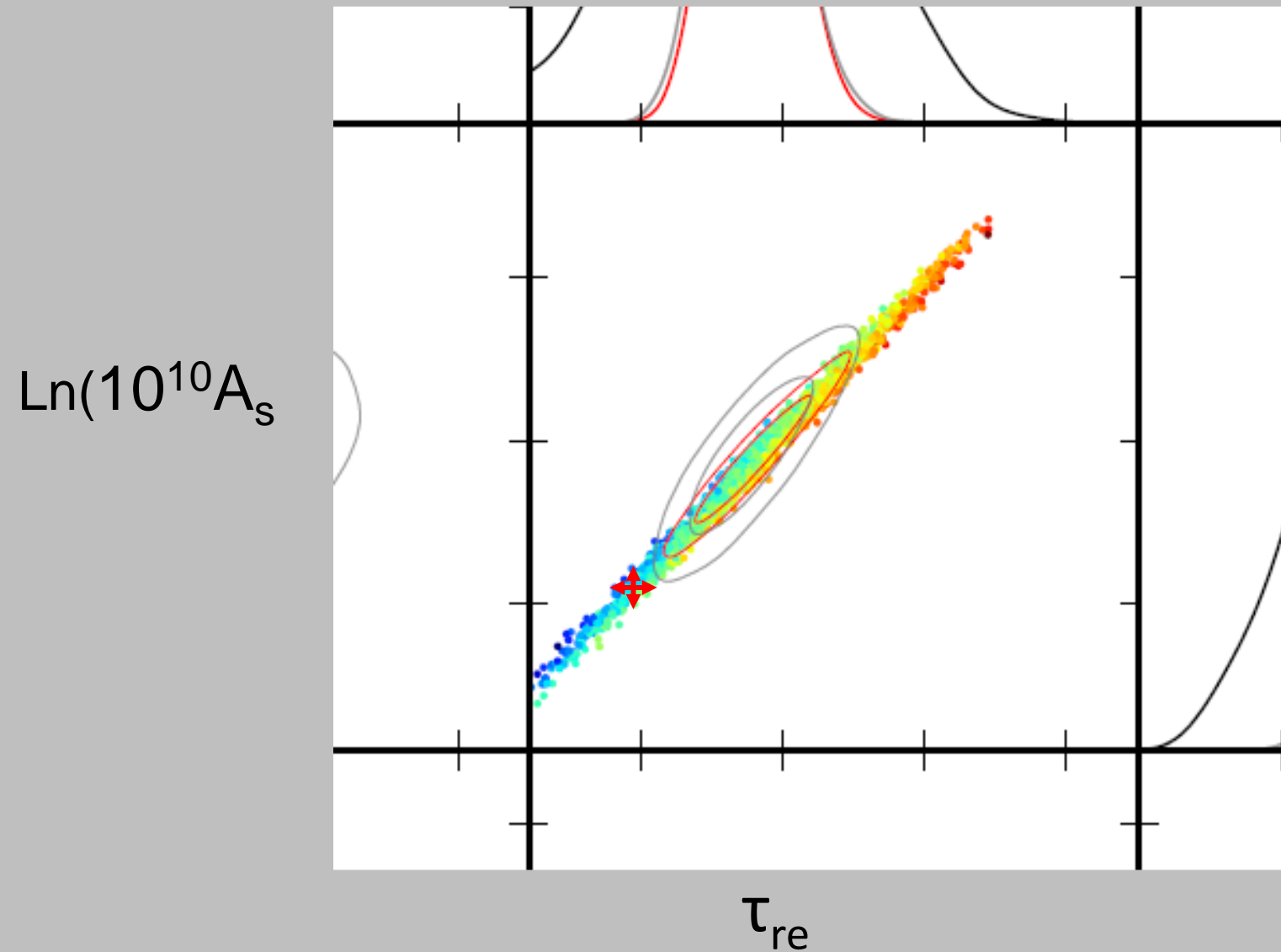


Settings

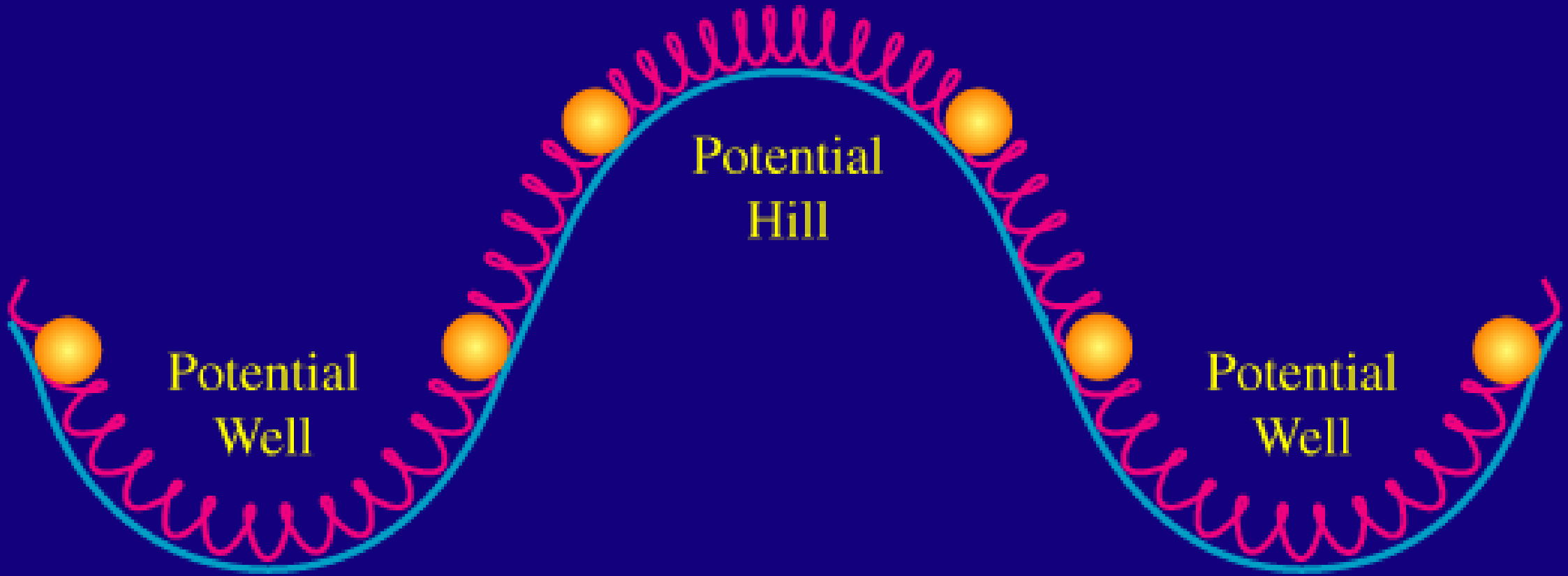


Help & Feedback

Opheffen van de degeneratie tussen A_s en τ_{re}



Acoustisch fluctuaties



Elisa Ferreira, Bryce Cyr, Erik Madse

Voor de uitwerking van de gegevens is het nodig de geluidssnelheid te kennen.. Wat is die in het heelal vóór de ontkoppeling. Doe een gok!

14 responses

60.000 km per sec

100000 km per seconde

2 m s

10 meter per seconde

77x380m pers

0,1 x c

0,1 c

zeer laag

1 % van c

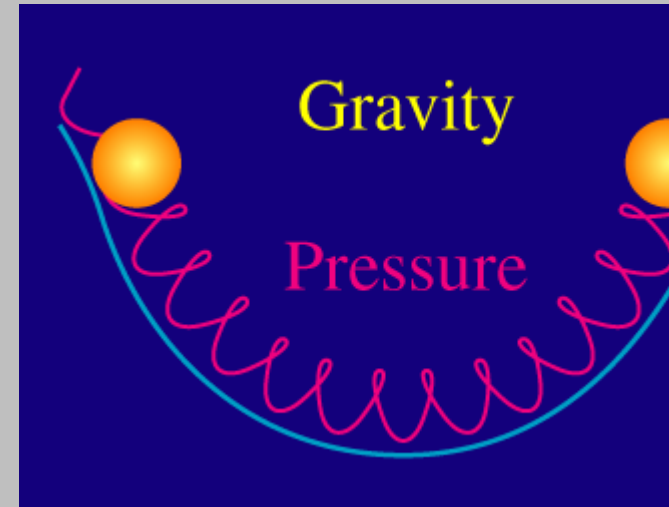
150000 km per seconde

330 m/s

Geen geluidssnelheid

Veel

Baadster dompelt grote teen in zee



Geluidssnelheid vóór ontkoppeling straling en massa.

De geluidssnelheid in een geïoniseerd medium met straling (rad) en

baryonische materie (mb)
$$v_g = \frac{c}{\sqrt{3}} \left(\frac{4\rho_{rad}}{4\rho_{rad}+3\rho_{mb}} \right)^{1/2}$$

Zolang straling overheerst ($\rho_{mb} \ll \rho_{rad}$)
$$v_g = \frac{c}{\sqrt{3}} \approx 0,58 c$$

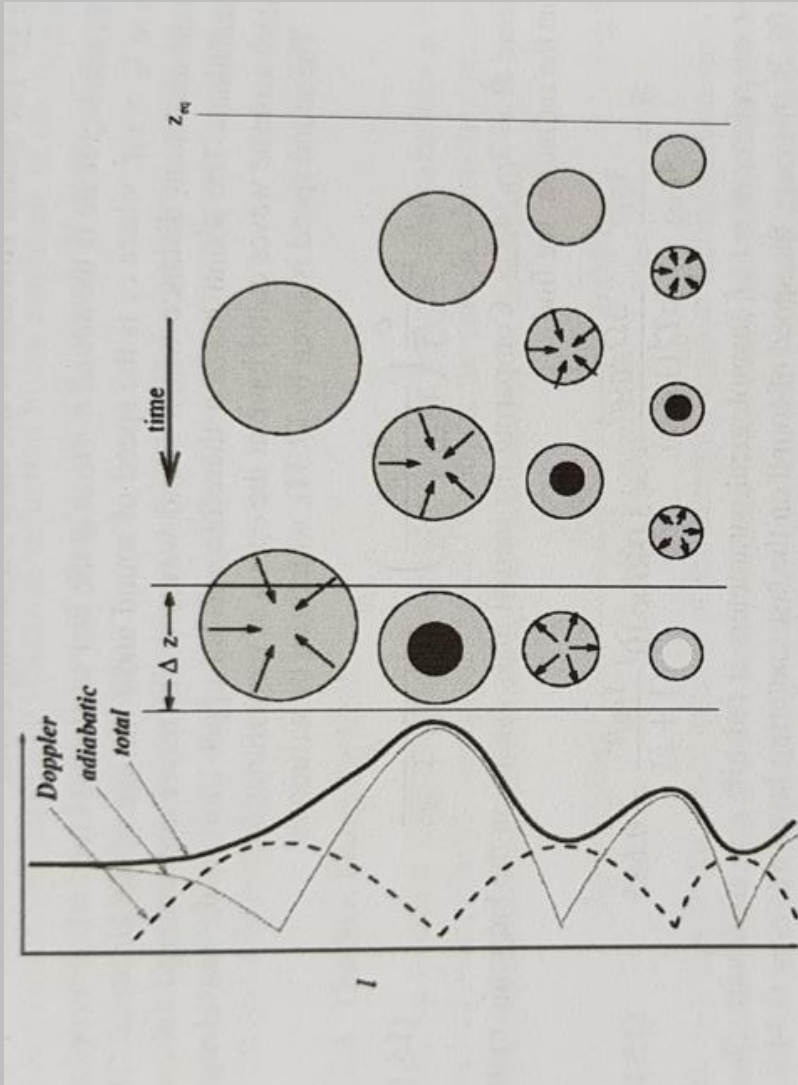
Beide gelijk ($\rho_{mb} = \rho_{rad}$) ($z \sim 3400$)
$$v_g = 0,44 c$$

Kort voor de ontkoppeling, massa overheerst ($z \sim 1100$)
$$v_g \approx 0,30 c$$

Gemiddeld $\sim 0,35 c$

Afgelegde afstand bij leeftijd van 380.000 jaar ca 133.000 lj.

Variaties in de gemeten achtergrondstraling



Vóór de ontkoppeling van straling en materie:

- zijn er fluctuaties in de dichtheid in grootte variërend van nul tot een maximale afmeting,
- is de maximale afmeting waarbij nog een verdichtingsmaximum wordt bereikt $\lambda_{max} = v_{gemiddeld} t_{ontk.}$,
- zowel dichtheidsverschillen als snelheidsverschillen (doppler) geven bijdrage aan temperatuurvariatie,
- de dichtheidsbijdrage bepaalt de positie en de hoogte van de pieken, de dopplerbijdrage de diepte van de dalen.

Invloed materie en energie op correlatiespectrum

Normale
materie

Donkere
materie

Donkere
energie

Hubble
constante

Beginwaarden
fluctuaties

Optische
dichtheid

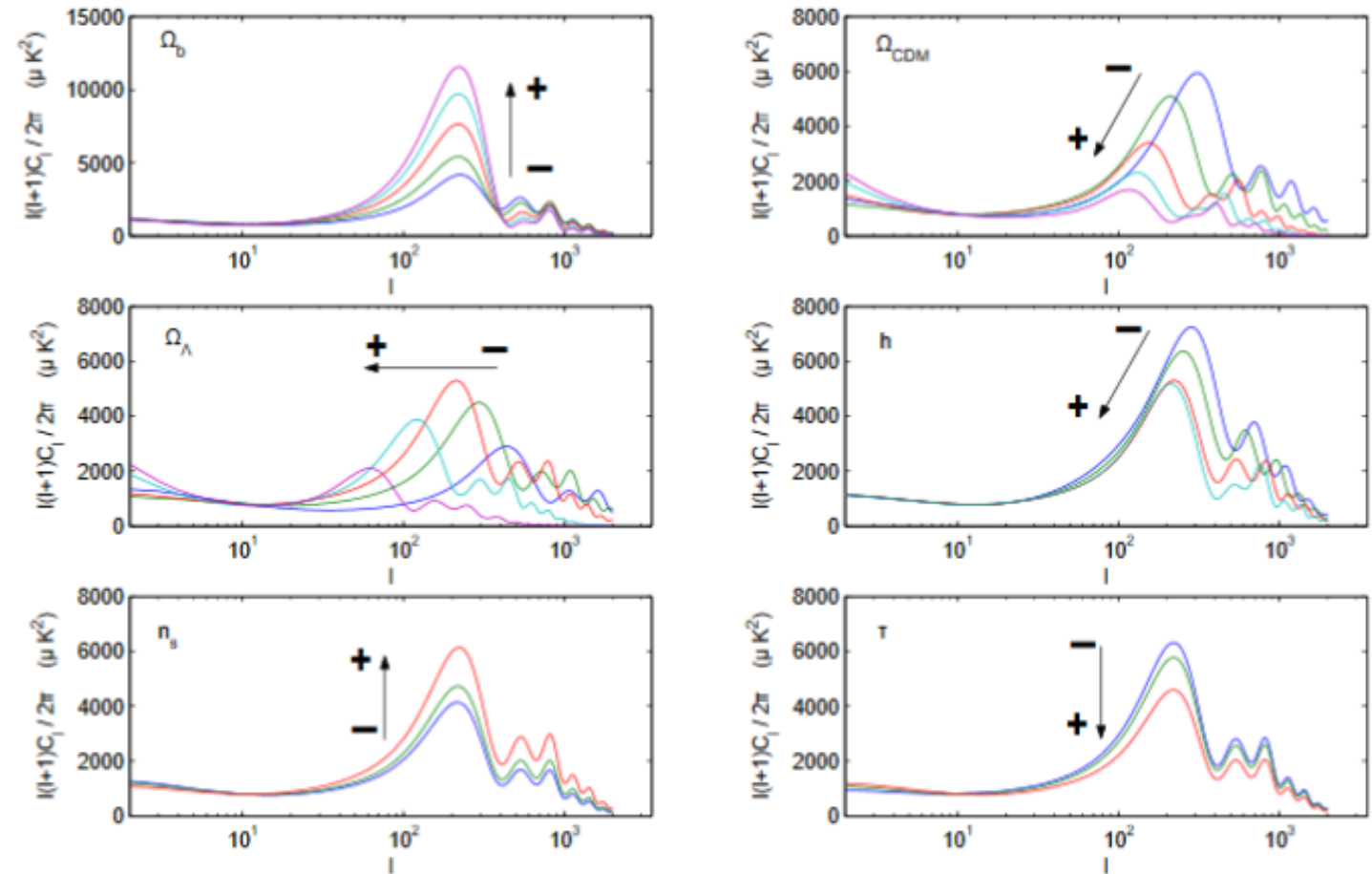
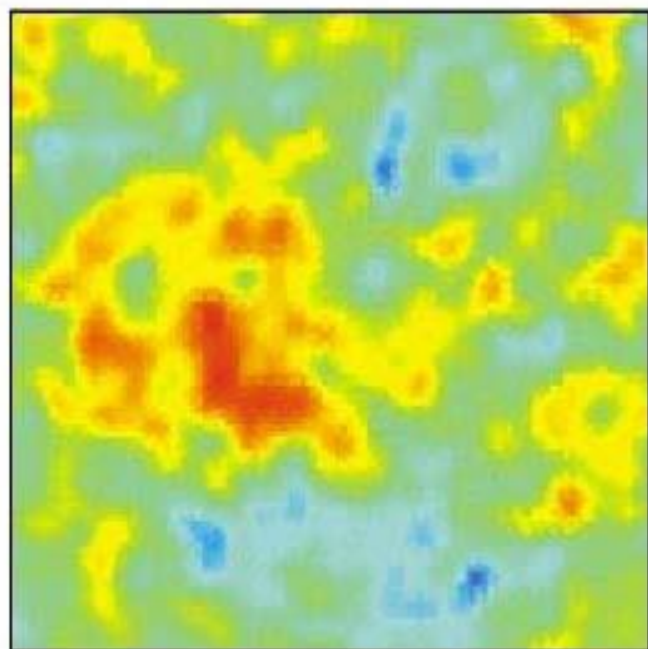
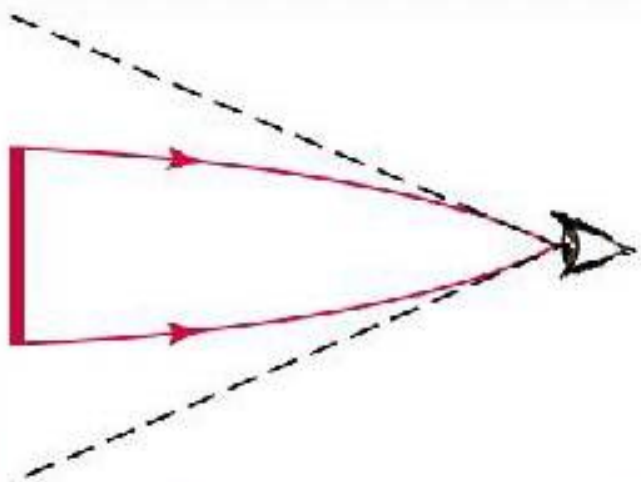
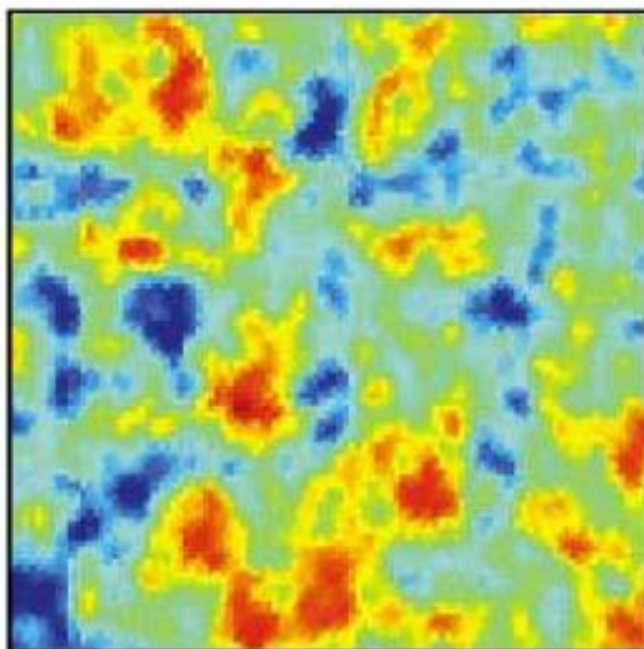


Figure 4. Dependence of C_ℓ on some relevant cosmological parameters (The C_ℓ has been produced with the CMBFAST code).

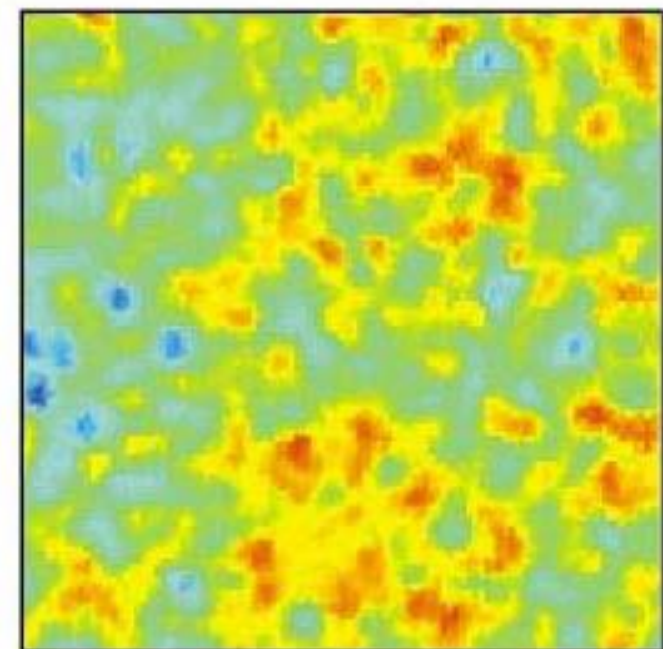
- Gonzales: <https://arxiv.org/pdf/astro-ph/0510003.pdf>



a If universe is closed, "hot spots" appear larger than actual size



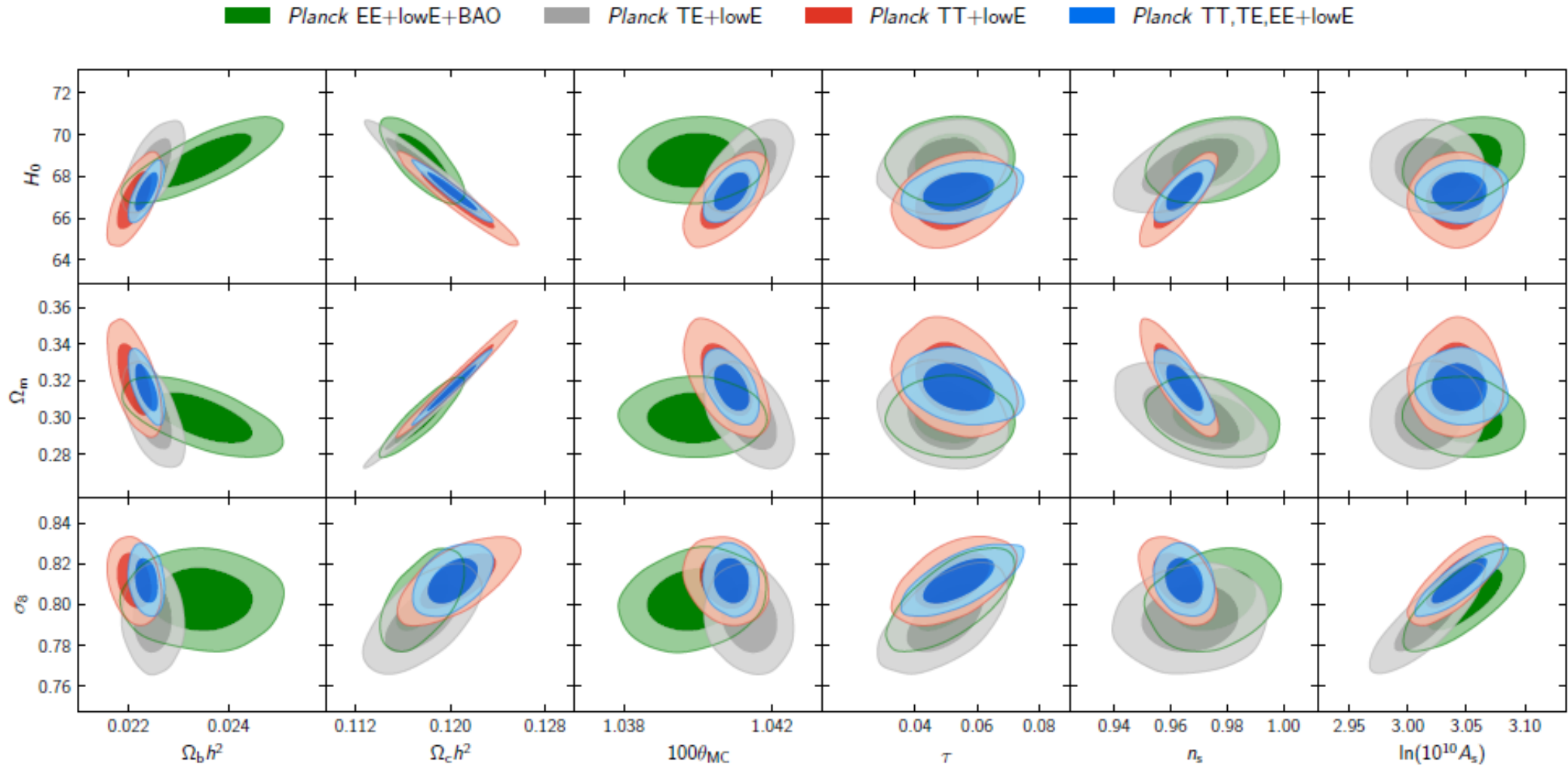
b If universe is flat, "hot spots" appear actual size



c If universe is open, "hot spots" appear smaller than actual size

Afgeleide parameters

Planck Collaboration: Cosmological parameters



Recombinatie van H en zichtbaarheidsfunctie als functie van Z

424 15 Fluctuations in the Cosmic Microwave Background Radiation

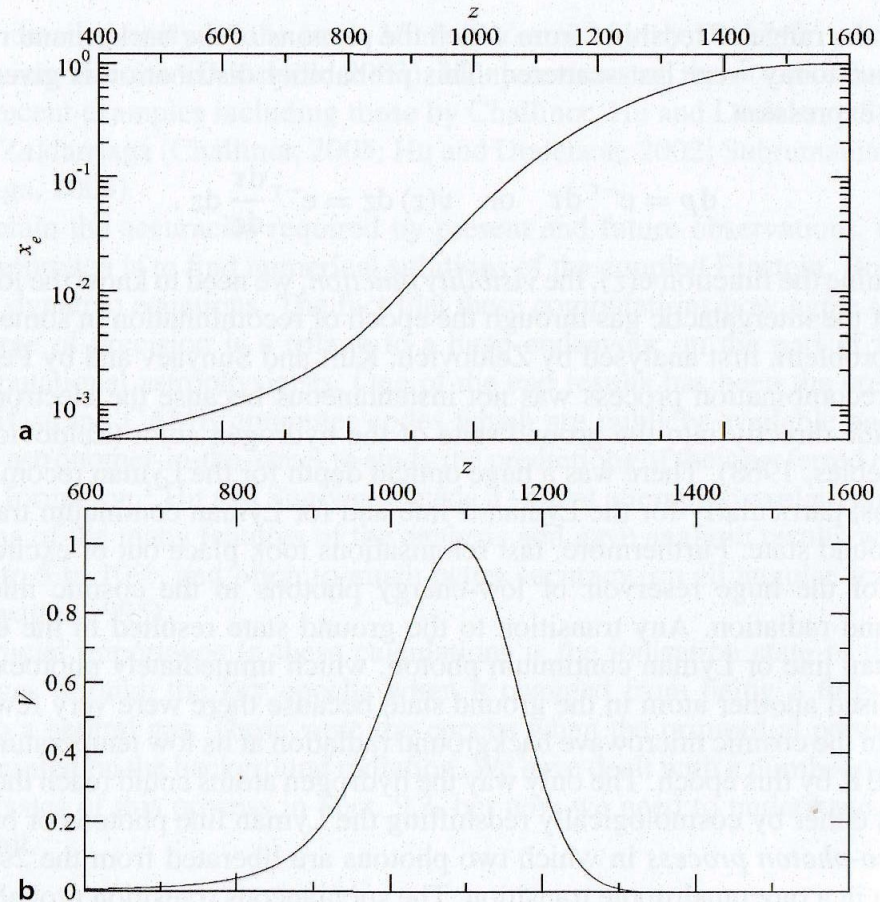
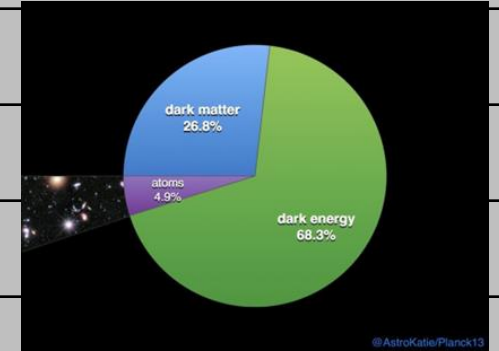


Fig. 15.1. **a** Ionisation fraction $x_e = N_e/N_H$ as a function of redshift z for the WMAP concordance values for cosmological parameters. **b** Visibility function $v(z) = e^{-\tau} d\tau/dz$ normalised to unity at maximum (Chluba and Sunyaev, 2006)

Afgeleide parameters volgens Planck

H_0	Huidige uitdijingsnelheid heelal	67,36	km/s per Mpc
Ω_Λ	Energie aandeel donkere energie	68,47	%
Ω_m	Energie aandeel massa totaal	31,53	%
Ω_b	Energie aandeel baryonische massa	4,94	%
Ω_c	Energie aandeel donkere massa	26,50	%
Ω_K	Energie bijdrage kromming	0 (< 1)	%
T	Leeftijd heelal	13,78	Miljard jaar
$Z_{\text{ontk.}}$	Roodverschuiving bij de ontkoppeling	1090	-
σ_8	Relatieve fluctuaties in dichtheid op schaal van 8 Mpc (26 Miljoen lichtjaar)	0.810	-
$Z_{\text{re.}}$	Roodverschuiving bij reïonisatie	7,67	-





Ga naar menti.com | en gebruik de code **6858 5481**

Hoe past dit plaatje in deze workshop? Suggesties?

16 responses



fluctuatie in zand of
licht verplaatsing tussen
golf door tra [▶ Start Menti](#) dium
breking van licht

golflengte **golven**
rimpelingen geluidsgolven

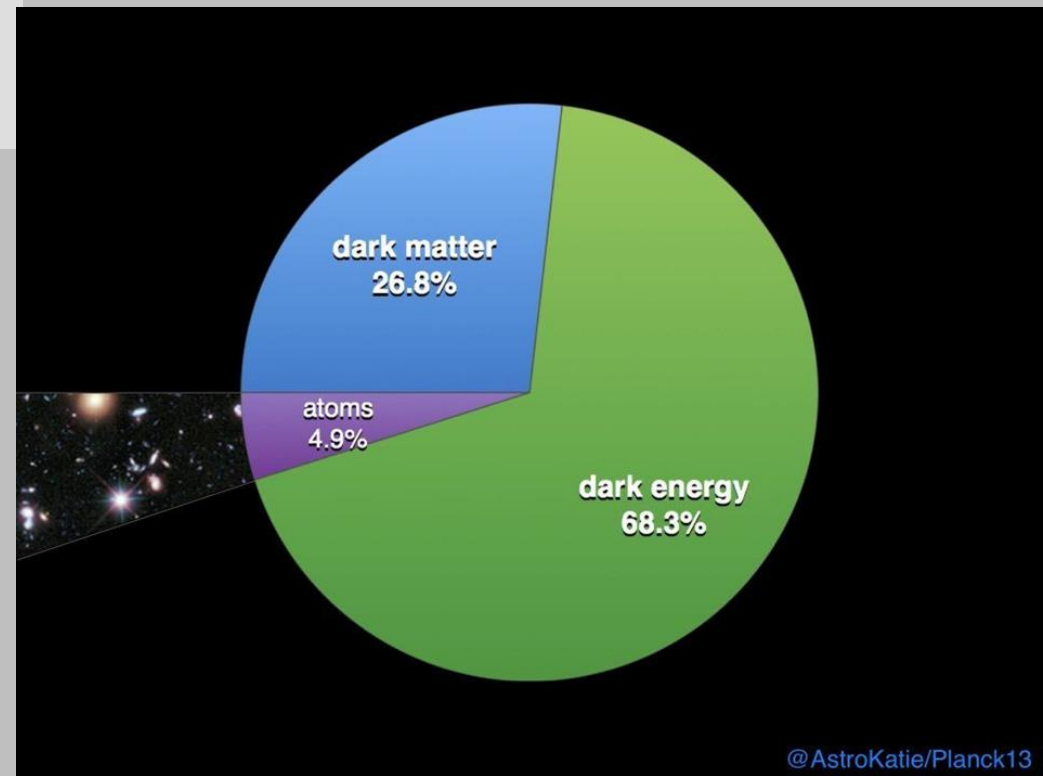
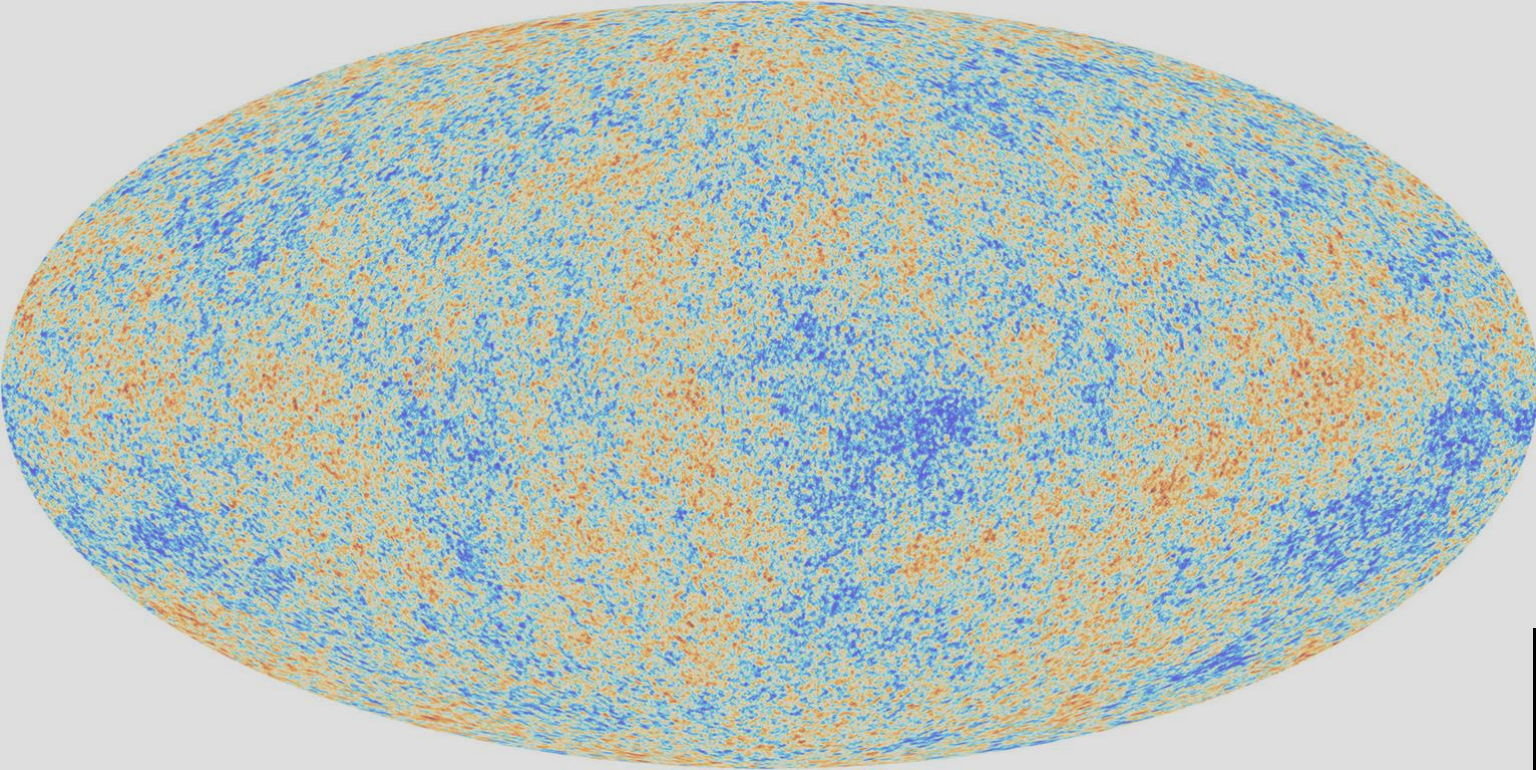
prima hulpmiddel
object en waarnemer
perfect tool geeft tijd
oorsprong golven

frequentie

leeftijd

Nog een voorgrond bron, gravitationele lenswerking







Installation view, Josiah McElheny, *Island Universe*, Los Angeles County Museum of Art, CA, October 24, 2024 - March 2, 2025.

The set of ideas that informed this project came to fruition with Island Universe (2008), a large installation of five sculptures, each a model of a hypothetical universe. Island Universe is a fusion of design, science and the history of art, an installation that is at once a manifestation of design and ideas from the mid-1960s and a sculpture infused with contemporary sociology and cosmology.

Still confused Hopefully at a new level

Ga naar menti.com | en gebruik de code 6858 5481

 Mentimeter

Wat vinden we van Mentimeter voegt dat iets toe aan de workshop?

10 responses



discussie

ja vind ik leuk

reflectie

betrokkenheid

leuk hoor

interactief

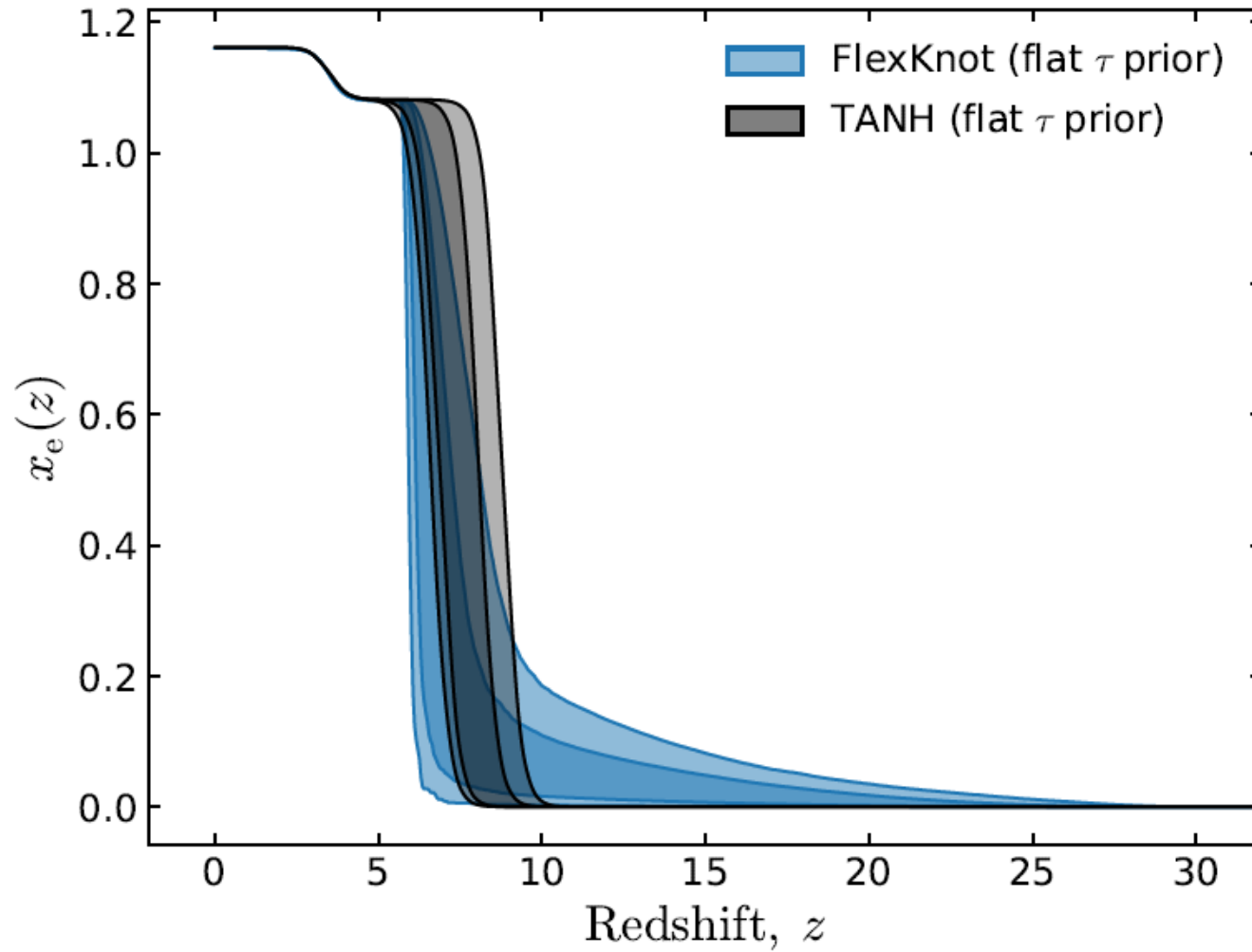
meedoen is leuk

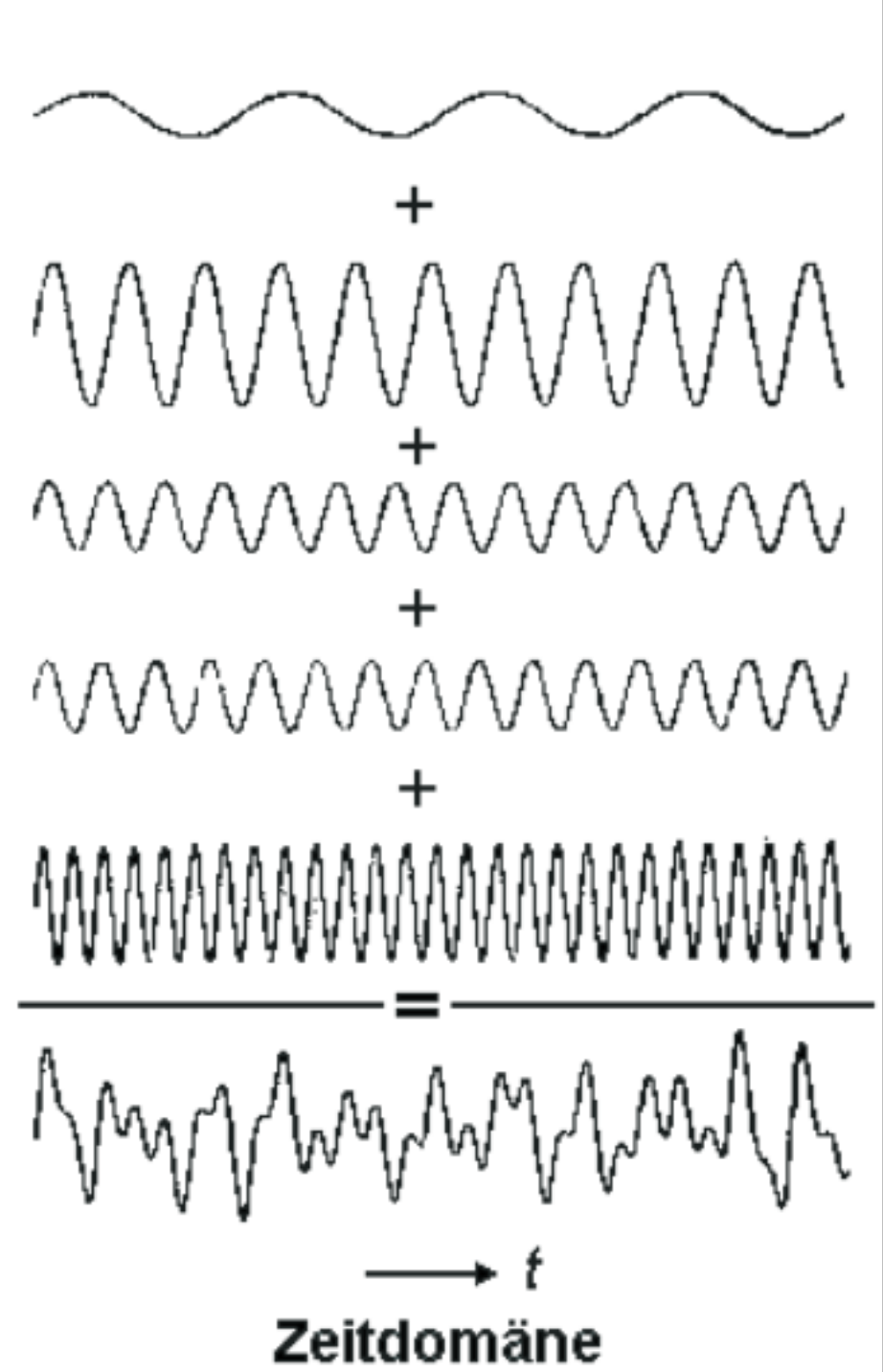
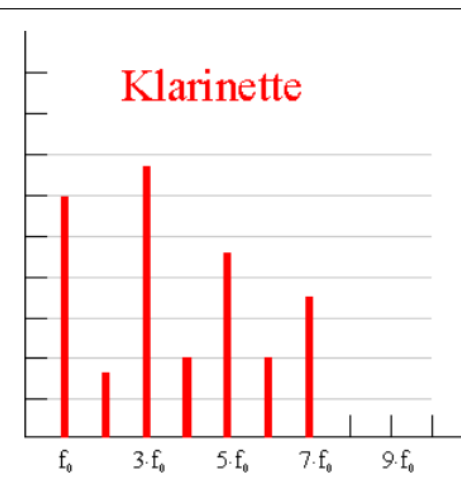
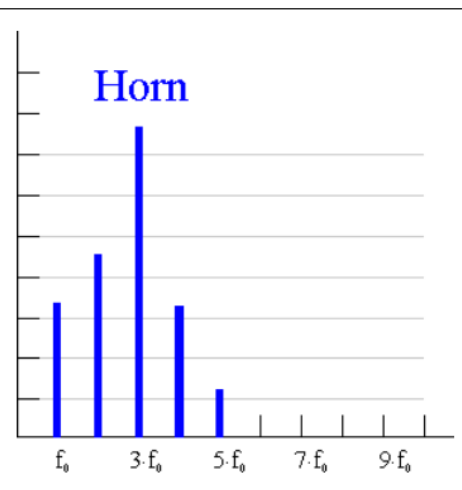
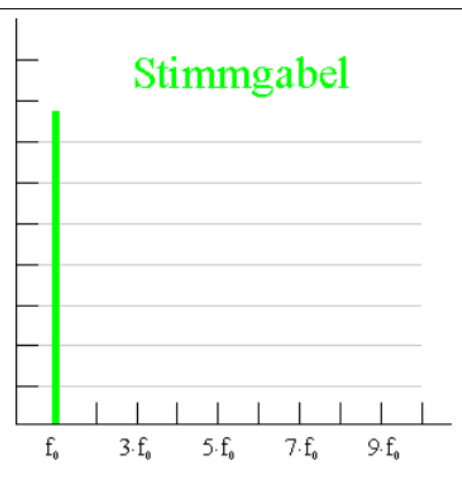
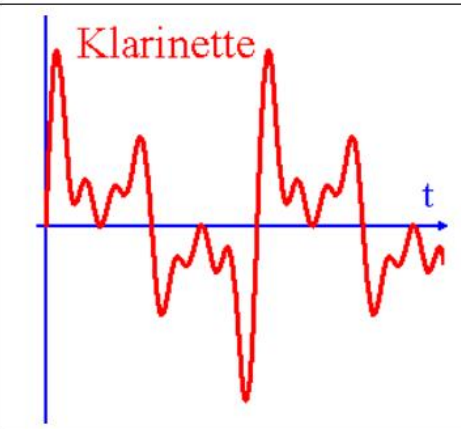
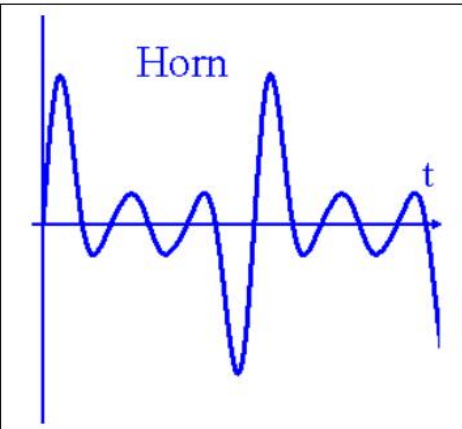
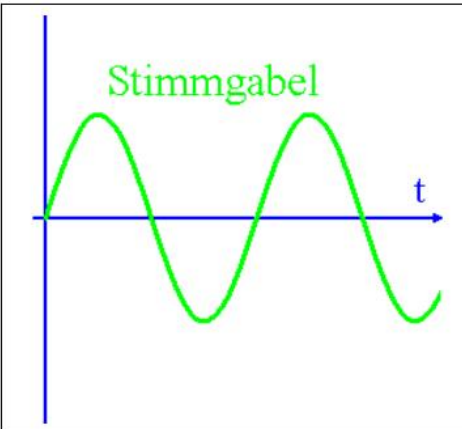
actie en interactie

zeker - meedoen is leuk

zet aan denken

Reionisatie als functie van z





Planck CMB simulator



planck CMB Simulator



Normal Matter ($\Omega_b = 0.05$)



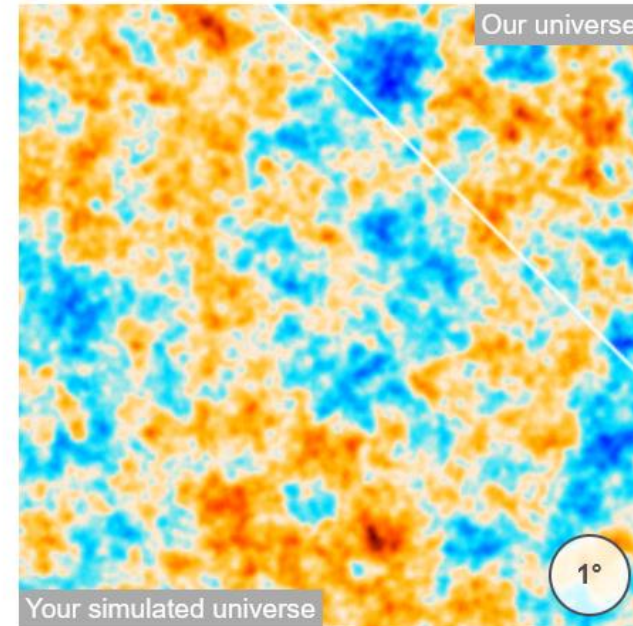
Dark Matter ($\Omega_c = 0.275$)



Dark Energy ($\Omega_\Lambda = 0.675$)



Normal matter only



13.8 billion years old - just right

flat universe

Fundamental scale $\sim 0.8^\circ$

Universe similarity **100%** - the same as our universe