

CMB?

Anna-Stiina Sirviö

`anna-stiina.sirvio@helsinki.fi`
*Department of Physics,
University of Helsinki, Finland*

April 22, 2008

Sisältö

- 1 Johdtoa
- 2 CMB:stä
- 3 Polarisaatiosta
- 4 Lyhyt katsaus historiaan
- 5 Tulevaisuuden toiveita
- 6 Lähteet

CMB?

Valitse suosikkisi:

- Call Me Back
- Charles Montgomery Burns
- Chase-Manhattan Bank
- Carbolic Methylene Blue
- Certified Master Baker
- Colombo, Sri Lanka - Katunayake International (Airport Code)
- Combat Medical Badge

CMB?

Valitse suosikkisi:

- Call Me Back
- Charles Montgomery Burns
- Chase-Manhattan Bank
- Carbolic Methylene Blue
- Certified Master Baker
- Colombo, Sri Lanka - Katunayake International (Airport Code)
- Combat Medical Badge
- Cosmic Microwave Background

Mikä ihmeen kosminen mikroaaltotausta?

- Maailmankaikkeus on täynnä kosmista mikroaalto säteilyä

Mikä ihmeen kosminen mikroaaltotausta?

- Maailmankaikkeus on täynnä kosmista mikroaalto säteilyä
- Nykyisin voimme havaita näitä CMB:n fotoneja katsoimme mihin suuntaan tahansa (isotropia)

Mikä ihmeen kosminen mikroaaltotausta?

- Maailmankaikkeus on täynnä kosmista mikroaalto säteilyä
- Nykyisin voimme havaita näitä CMB:n fotoneja katsoimme mihin suuntaan tahansa (isotropia)
- Mustan kappaleen spektri, $T_0 = 2.725 \text{ K}$

- Pieniä fluktuaatioita
 - Maan liike CMB:n suhteen aiheuttaa dipolin $\propto 10^{-3}$ K

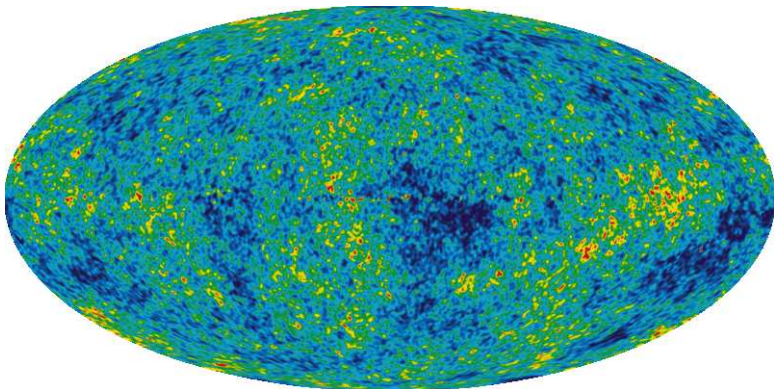
- Pieniä fluktuaatioita
 - Maan liike CMB:n suhteen aiheuttaa dipolin $\propto 10^{-3}$ K
 - Korkeampien multipolien epäisotropiat $\propto 10^{-5}$ K

- Pieniä fluktuaatioita
 - Maan liike CMB:n suhteen aiheuttaa dipolin $\propto 10^{-3}$ K
 - Korkeampien multipolien epäisotropiat $\propto 10^{-5}$ K
- Mielenkiintoisimpia ovat nämä korkeampien multipolien epäisotropiat

- CMB havaitseminen oli riemuvoitto kuuman alkuräjähdyksen mallille (Hot Big Bang Model)

- CMB havaitseminen oli riemuvoitto kuuman alkuräjähdyksen mallille (Hot Big Bang Model)
 - Tässä mallissa maailmankaikkeus on hyvin ionisoitunut punasiirtymään $z \approx 1000$ asti
 - Fotonien irtikytkeytyminen

- Kosmisen mikroaaltotaustan kartat tarjoavat siis kuvan epäisotropioista noin 400 000 vuotta vanhassa maailmankaikkeudessa viimeisen sironnan pinnalla (LSS)



Miksi nämä perturbaatiot ovat kiinnostavia?

- Nykyisin oletetaan, että nämä perturbaatiot ovat syntyneet ensimmäisten 10^{-35} sekunnin aikana

Miksi nämä perturbaatiot ovat kiinnostavia?

- Nykyisin oletetaan, että nämä perturbaatiot ovat syntyneet ensimmäisten 10^{-35} sekunnin aikana
- CMB:n kartoista voidaan määrittää kulmatehospektrit ja näiden avulla voidaan määrittää kosmologisten parametrien arvoja

Motivaatiota

- Aikaisemmin meillä on ollut tarjolla dataa vain lämpötila fluktuaatioista

Motivaatiota

- Aikaisemmin meillä on ollut tarjolla dataa vain lämpötila fluktuaatioista
- Mutta...

Motivaatiota

- Aikaisemmin meillä on ollut tarjolla dataa vain lämpötila fluktuaatioista
- Mutta...
 - Teoria ennustaa myös CMB:n polarisaation
 - Jos (ja kun) saadaan dataa myös polarisaatiosta, käytettävissä olevan datan määrä kasvaa
- Yritetään lähestyä CMB:n polarisaatiota "fenomenologisesti" ...

Stokesin parametrit

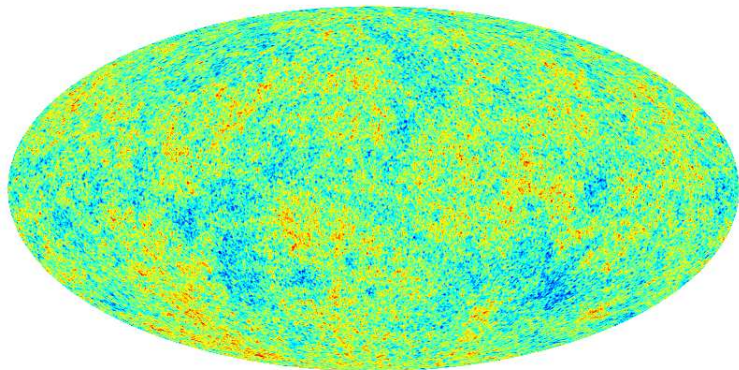
$$I = |E_x|^2 + |E_y|^2 \quad (1)$$

$$Q = |E_x|^2 - |E_y|^2 \quad (2)$$

$$U = 2\Re(E_x E_y^*) \quad (3)$$

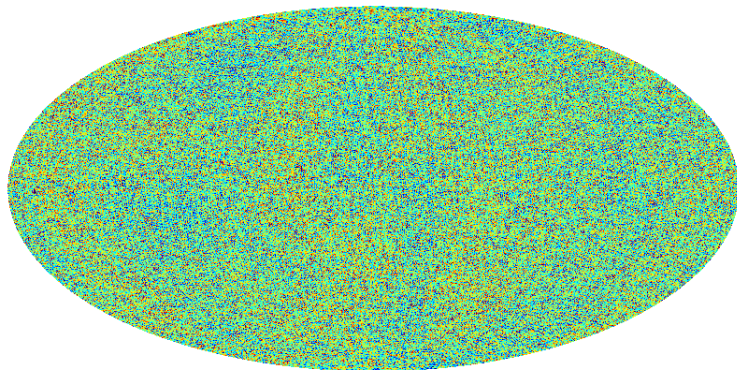
$$V = 2\Im(E_x^* E_y) \quad (4)$$

Stokes I



-413.  +397.

Stokes Q

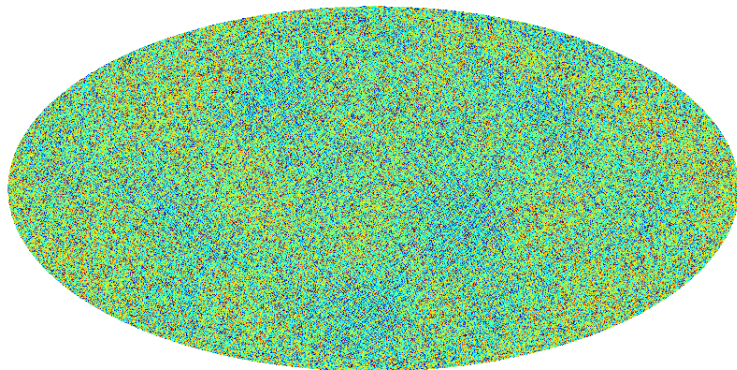


-5.00



+5.00

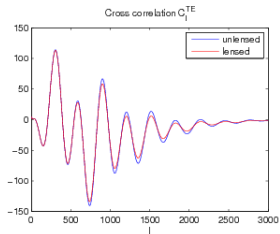
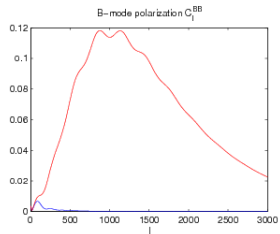
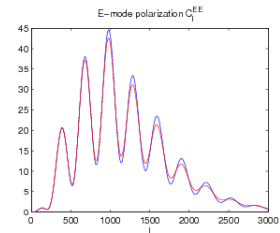
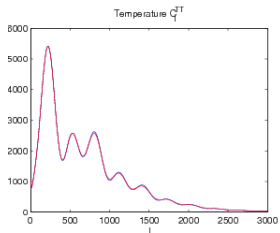
Stokes U



- Epäisotrooppisen säteilyn Thomsonin sironta kvadrupoli epäisotropioista viimeisen sironnan pinnalla (LSS) aiheuttaa CMB:n lineaarisen polarisaation

- Epäisotrooppisen säteilyn Thomsonin sironta kvadrupoli epäisotropioista viimeisen sironnan pinnalla (LSS) aiheuttaa CMB:n lineaarisen polarisaation
- E- ja B-moodit

- Epäisotrooppisen säteilyn Thomsonin sironta kvadrupoli epäisotropioista viimeisen sironnan pinnalla (LSS) aiheuttaa CMB:n lineaarisen polarisaation
- E- ja B-moodit
- Kosmologian kannalta jako E- ja B-moodeihin on merkittävä, koska lineaariset skalaariperturbaatiot eivät tuota B-moodi polarisaatiota.



Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow

Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow
- 1965 Penzias ja Wilson

Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow
 - 1965 Penzias ja Wilson
 - 1989 COBE
- Stephen Hawking: "greatest scientific discovery of the century"

Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow
- 1965 Penzias ja Wilson
- 1989 COBE
Stephen Hawking: "greatest scientific discovery of the century"
- 2002 DASI

Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow
- 1965 Penzias ja Wilson
- 1989 COBE
Stephen Hawking: "greatest scientific discovery of the century"
- 2002 DASI
- 2001 → WMAP

Lyhyt katsaus historiaan

- 1940-1950 Gamow
- 1965 Penzias ja Wilson
- 1989 COBE
Stephen Hawking: "greatest scientific discovery of the century"
- 2002 DASI
- 2001 → WMAP
- 2008 → Planck?

Joitain tulevaisuuden toiveita

- Miten perturbaatiot syntyivät?

Joitain tulevaisuuden toiveita

- Miten perturbaatiot syntyivät?
- Löytyykö havaintoja täysin uudesta fysiikasta, esimerkiksi ylimääräisistä ulottuvuuksista?

Joitain tulevaisuuden toiveita

- Miten perturbaatiot syntyivät?
- Löytyykö havaintoja täysin uudesta fysiikasta, esimerkiksi ylimääräisistä ulottuvuuksista?
- Polarisaatiomittauksilta:
 - Tarkempi kosmologisten parametrien määrittäminen
 - Luodata yksityiskohtaisesti maailmankaikkeuden ionisaatiohistoriaa
 - Selvä jälki inflaation aikaisista gravitaatioaaltoista
 - Havaintoja heikoista gravitaatiolinsseistä

Lähteet

- CMB physics, autumn 2007
- Wayne Hu and Martin White, A CMB Polarization Primer
- Planck Bluebook
- Vesa Muhonen, Cosmic Microwave Background Polarization