

# L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich

Raffaele Pontrandolfi

Corso di Astrofisica e Particelle Elementari

Mostrare in modo introduttivo come dall'effetto Sunyaev-Zel'dovich termico si può ricavare la distanza angolare di alcuni cluster di galassie. In questo modo (conoscendo la velocità di recessione delle galassie dal redshift) può essere ricavata anche la costante di Hubble e avere altre importanti di carattere cosmologico.

# Sommario

- 1 L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - Introduzione al Fenomeno
- 2 Misura delle Distanze
  - Misura delle Distanze Angolari
- 3 Conclusioni

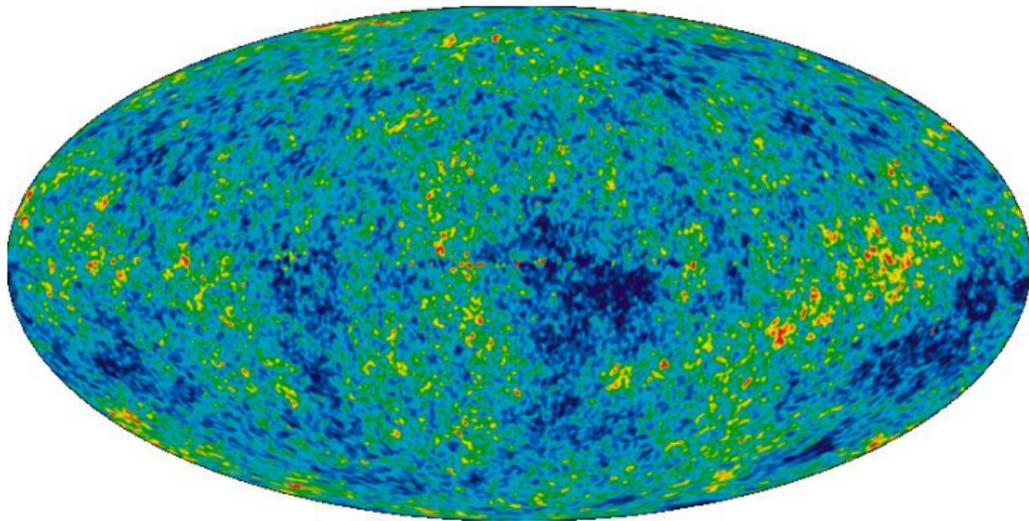
- 1 L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - Introduzione al Fenomeno

- 2 Misura delle Distanze
  - Misura delle Distanze Angolari

- 3 Conclusioni

## L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich

L'effetto Sunyaev-Zel'dovich è uno dei meccanismi che causano delle anisotropie secondarie nella radiazione cosmica di fondo (*CMB*). Consiste nell'interazione che ha la nube intergalattica di elettroni con i fotoni della *CMB*.



L'effetto Sunyaev-Zel'dovich può essere:

- Termico, contributo principale, dovuta al moto termico (maxwelliano) di una popolazione di elettroni caldi, che causa la caratteristica forma spettrale: la diminuzione nella zona di Rayleigh-Jeans dello spettro e l'aumento in quella di Wien.
- Cinetico, causata dalla componente radiale del moto peculiare dell'ammasso di galassie rispetto alla radiazione primordiale.
- Di polarizzazione, ancora non rilevato

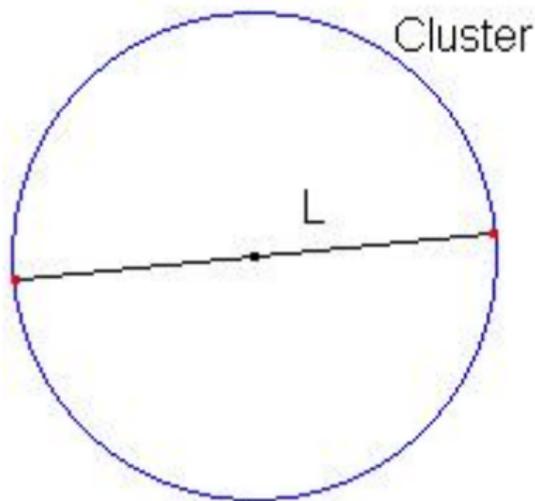
Il primo contributo è dominante sugli altri.

## Schema di un Ammasso di Galassie

Tipicamente gli ammassi contengono un gas intergalattico che possiede una massa maggiore di quella delle galassie stesse di un fattore 2. Date le alte velocità delle galassie, la presenza di un gas intergalattico non basta a tenerle insieme: è necessaria la presenza di materia oscura.

## Schema di un Ammasso di Galassie

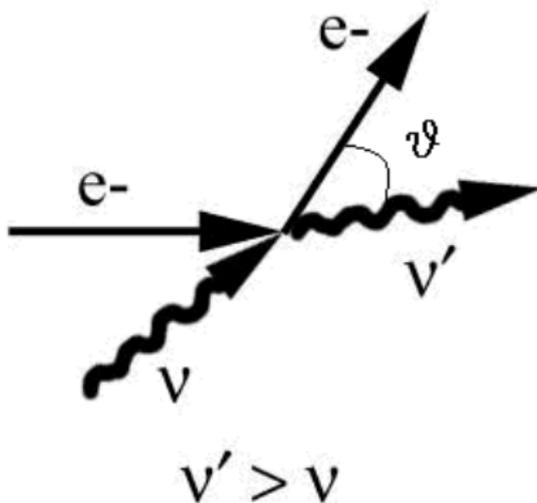
Schematizziamo il nostro ammasso come se il gas di elettroni e l'ammasso stesso avesse simmetria sferica, con un diametro di ammasso pari a  $L$ . Il gas di elettroni che interagisce con la *CMB* emettono nell' $X$  per bremsstrahlung, sono quindi a temperature circa di  $T_e = 10^7 \div 10^8 K$ . Le piccole deviazioni dalla forma planckiana dello spettro della radiazione cosmica di fondo sono perciò dovute all'effetto Compton inverso.



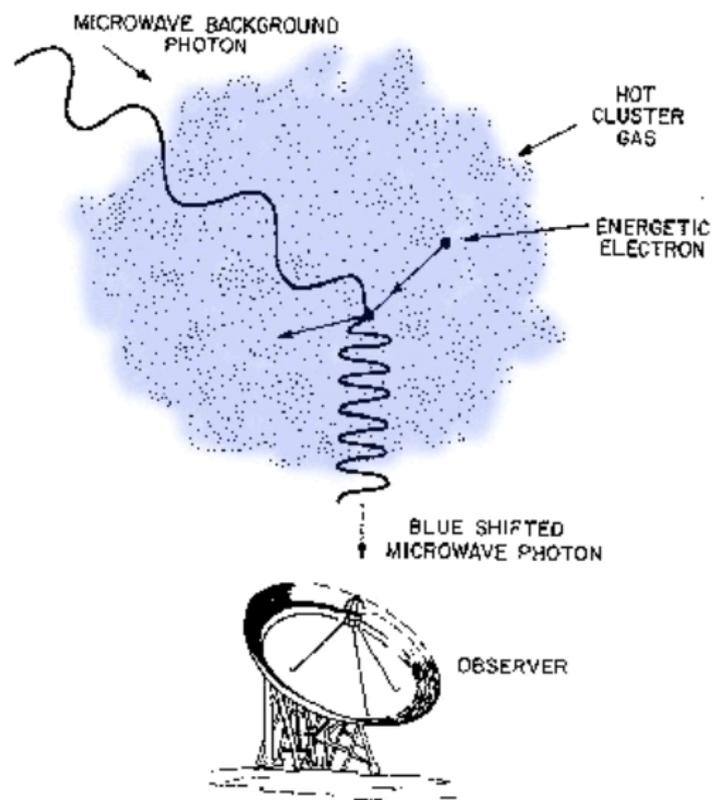
## Effetto Compton inverso

$$e^{-} + \gamma \rightarrow e^{-} + \gamma$$

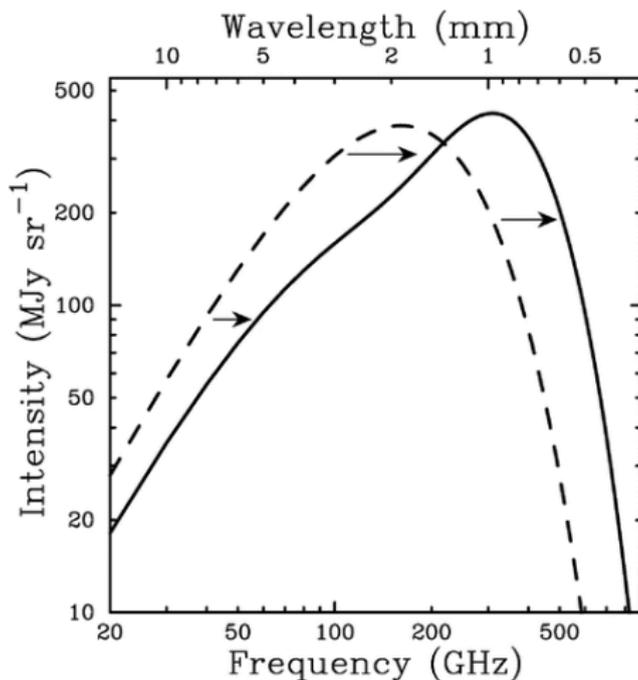
$$\lambda - \lambda' = \frac{h}{m_e c} (1 - \cos\theta)$$



# Schema del Fenomeno



## Schema del Fenomeno

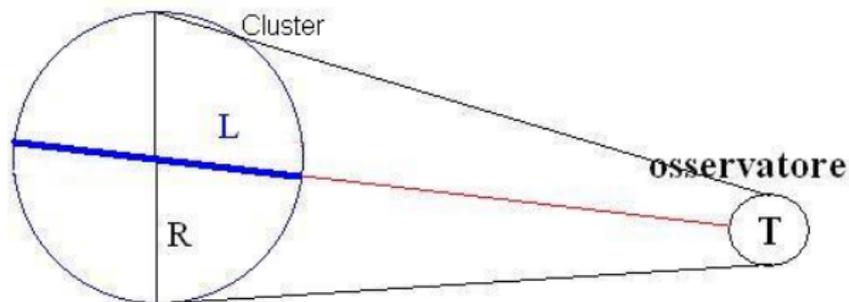


**Figura:** La linea tratteggiata rappresenta l'intensità della *CMB* nel radio, mentre la linea continua rappresenta lo spostamento in frequenza dovuto all'effetto compton inverso.

- 1 L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - Introduzione al Fenomeno
  
- 2 Misura delle Distanze
  - Misura delle Distanze Angolari
  
- 3 Conclusioni

## Sfruttare l'effetto SZ per la determinazione delle distanze

L'intensità dell'effetto SZ dipende dalla quantità di ICM attraversato lungo una direzione di vista fissata. L'informazione che si può trarne riguarda allora l'estensione  $L$  dell'ammasso di galassie lungo questa direzione. Per determinare la distanza angolare invece confrontiamo la distanza angolare apparente dell'ammasso con della distanza reale  $R_c$  sul piano ortogonale alla linea di vista (il piano proiettato sul cielo). Infine considerando l'ammasso sferico poniamo  $L = R_c$ .



# Sfruttare l'effetto SZ per la Determinazione delle Distanze

Sfruttiamo la differente dipendenza di emissione e assorbimento dell'ICM dalla densità elettronica  $n_e$ . L'idea di base è che se l'emissione del gas è proporzionale all'integrale lungo la linea di vista della densità al quadrato:

$$E \sim \int n_e^2 dL$$

mentre l'assorbimento di una qualche radiazione di fondo è proporzionale alla profondità ottica

$$A \sim \int n_e dL$$

Quindi

$$\frac{A^2}{E} \sim L$$

- 1 L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - L'Effetto Sunyaev-Zel'dovich
  - Introduzione al Fenomeno
  
- 2 Misura delle Distanze
  - Misura delle Distanze Angolari
  
- 3 Conclusioni

## Conclusioni

Da una misura di  $L$  possiamo ricavare una misura della distanza angolare  $D_A$ :

$$D_A = \frac{L}{\theta_a}$$

dove  $\theta_a$  è l'estensione angolare dell'ammasso.  
Conoscendo il redshift dell'ammasso questo ci consente una determinazione di  $H_0$

Altre applicazioni dell'effetto SZ :

- Vincoli anche su altri parametri cosmologici, sui modelli e quindi sull'evoluzione dell'Universo
- Informazioni sull'evoluzione della densità numerica di ammassi di galassie
- Informazioni sulla struttura degli ammassi, la distribuzione di massa al loro interno e le popolazioni elettroniche che li compongono.

Grazie per l'attenzione