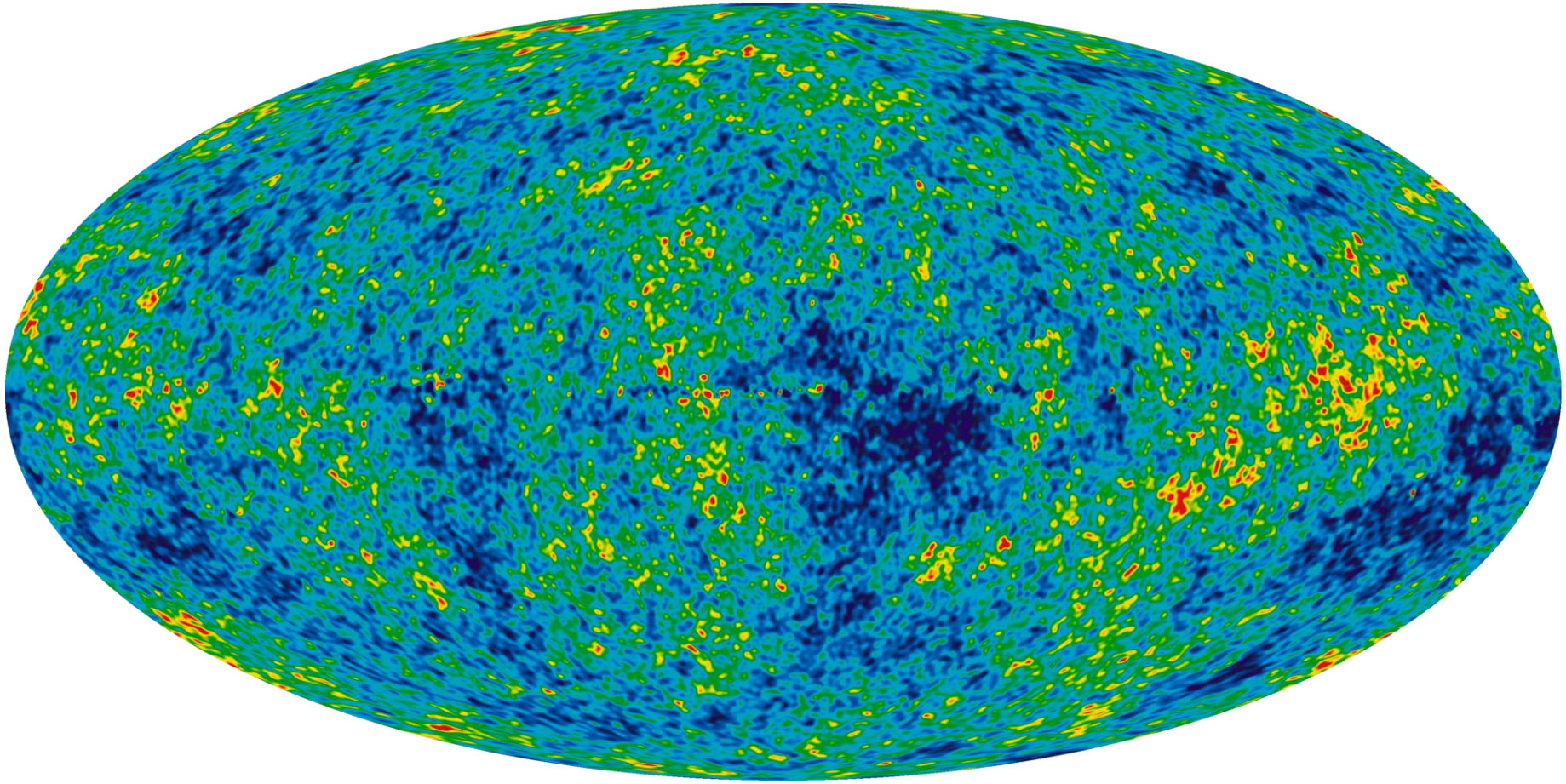


სუნიავ-ზელოვოვის ეფექტი

ლაშა ღუდუშაური

CMB



# რადიაციული ველის აღწერა

$$f_{\alpha}(\mathbf{r}, \mathbf{p}, t) = h^{-3} n_{\alpha}(\mathbf{r}, \mathbf{p}, t) \qquad I_{\nu}(\hat{\mathbf{k}}, \mathbf{r}, t) = \sum_{\alpha=1}^2 \left( \frac{h^4 \nu^3}{c^2} \right) f_{\alpha}(\mathbf{r}, \mathbf{p}, t)$$

$$n_{\alpha} = \left( e^{h\nu/k_{\text{B}}T_{\text{rad}}} - 1 \right)^{-1} \quad \text{for } \alpha = 1, 2$$

$$n_{\gamma} = \sum_{\alpha} \int f_{\alpha}(\mathbf{p}) d^3p$$

$$T_{\text{rad}} = 2.728 \pm 0.002 \text{ K}$$

$$= 16 \pi \zeta(3) \left( \frac{k_{\text{B}}T_{\text{rad}}}{hc} \right)^3$$

$$= (4.12 \pm 0.01) \times 10^8$$

$$T'_{\text{rad}}(\theta) = \frac{T_{\text{rad}}}{\gamma \left( 1 - \frac{v}{c} \cos \theta \right)}$$

$$I_{\nu} = 2k_{\text{B}}T_{\text{rad}}\nu^2/c^2$$

$$T_{\text{RJ}}(\nu) = \frac{c^2 I_{\nu}}{2k_{\text{B}}\nu^2}$$

# შებრუნებული კომპტონის ეფექტი

$$\epsilon' = \frac{\epsilon}{1 + \frac{\epsilon}{m_e c^2} (1 - \cos \phi_{12})}$$

$$P_1(s) = \int_{\beta_{\text{lim}}}^1 p_e(\beta) d\beta P(s; \beta)$$

$$\beta_{\text{lim}} = \frac{e^{|s|} - 1}{e^{|s|} + 1}$$

$$s = \log(\nu''/\nu)$$

# შებრუნებული კომპტონის ეფექტი

$$I_0(\nu) = \frac{2 h \nu^3}{c^2} \left( e^{h\nu/k_B T_{\text{rad}}} - 1 \right)^{-1}$$

$$\frac{I(\nu)}{\nu} = \int_0^\infty d\nu_0 P_1(\nu, \nu_0) \frac{I_0(\nu_0)}{\nu_0} \qquad I(\nu) = \int_{-\infty}^\infty P_1(s) I_0(\nu_0) ds$$

$$\begin{aligned} \Delta I(\nu) &\equiv I(\nu) - I_0(\nu) \\ &= \frac{2h}{c^2} \int_{-\infty}^\infty P_1(s) ds \left( \frac{\nu_0^3}{e^{h\nu_0/k_B T_{\text{rad}}} - 1} - \frac{\nu^3}{e^{h\nu/k_B T_{\text{rad}}} - 1} \right) \end{aligned}$$

# სითბური S-Z ეფექტი

$$\tau_e = \int n_e(\mathbf{r}) \sigma_T dl$$

$$y = \int n_e(\mathbf{r}) \sigma_T \frac{k_B T_e(\mathbf{r})}{m_e c^2} dl$$

$$b_X(E) = \frac{1}{4\pi(1+z)^3} \int n_e(\mathbf{r})^2 \Lambda(E, T_e) dl$$

# სითბური S-Z ეფექტი

$$n_e(\mathbf{r}) = n_{e0} \left( 1 + \frac{r^2}{r_c^2} \right)^{-\frac{3}{2}\beta}$$

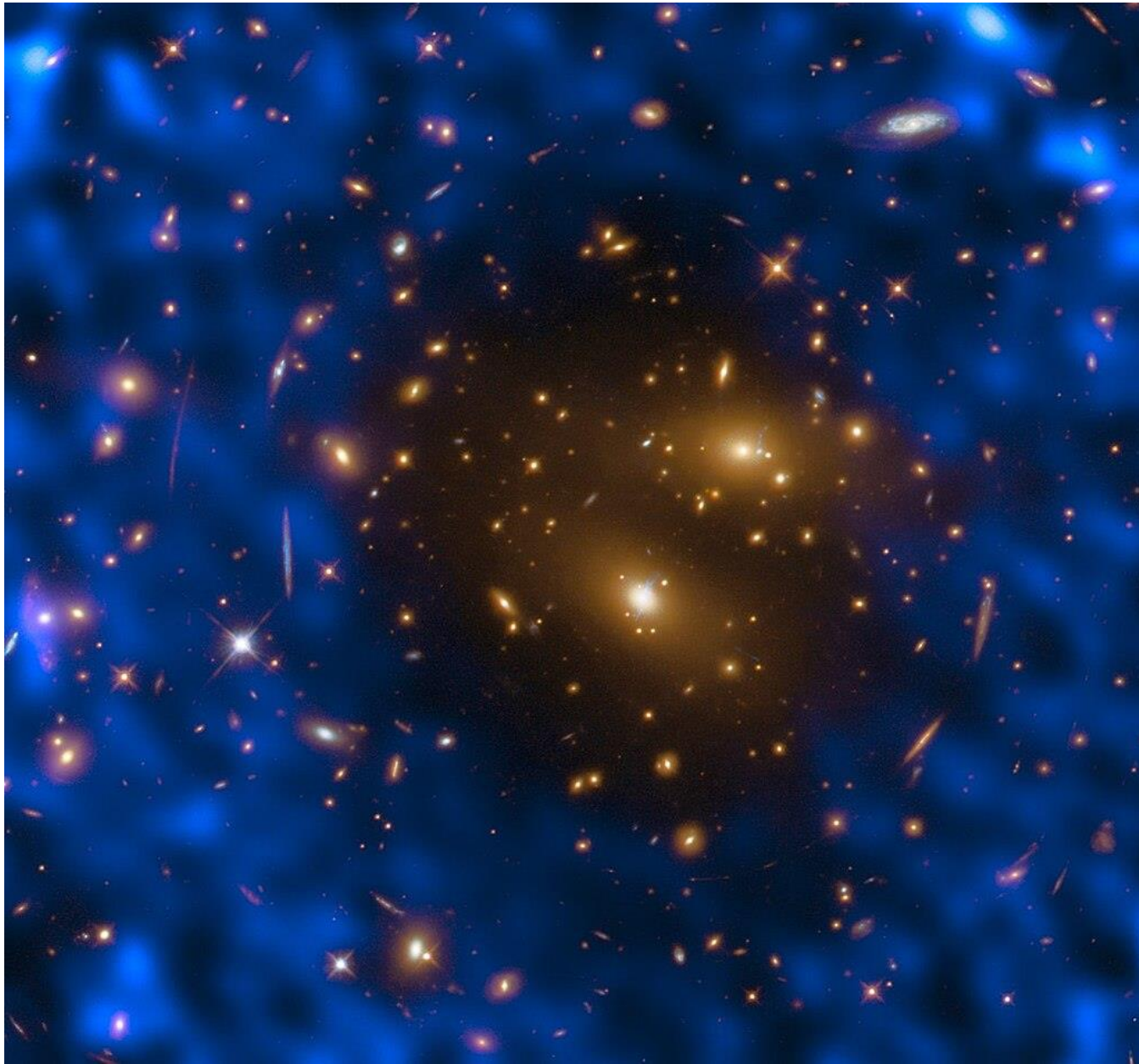
$$\tau_e(\theta) = \tau_{e0} \left( 1 + \frac{\theta^2}{\theta_c^2} \right)^{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\beta}$$

$$y(\theta) = y_0 \left( 1 + \frac{\theta^2}{\theta_c^2} \right)^{\frac{1}{2} - \frac{3}{2}\beta}$$

$$b_X(\theta) = b_{X0} \left( 1 + \frac{\theta^2}{\theta_c^2} \right)^{\frac{1}{2} - 3\beta}$$

$$n_e(\mathbf{r}) = n_{e0} \left( 1 + \frac{\mathbf{r}^T \cdot \mathbf{M} \cdot \mathbf{r}}{r_c^2} \right)^{-\frac{3}{2}\beta}$$





სითბურ S-Z ეფექტზე პირველი  
დაკვირვება ატაკამას რადიო  
ტელესკოპების მასივის  
საშუალებით გალაქტიკურ  
კლასტერზე [RX J1347.5-1145](#)



# გამოყენებული ლიტერატურა

- 1) The Sunyaev-Zel'dovich Effect - [M. Birkinshaw](#), Department of Physics, University of Bristol, Tyndall Avenue, Bristol BS8 1TL, UK 1998
- 2) [https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Birkinshaw/Birk\\_contents.html](https://ned.ipac.caltech.edu/level5/Birkinshaw/Birk_contents.html)
- 3) <https://sci.esa.int/web/planck/-/48227-hunting-galaxy-clusters-with-planck-the-sz-effect>

მადლობა ყურადღებისთვის