

快报

中微子质量与宇宙超大尺度结构

黄 无 量

(中国科学院高能物理研究所, 北京 100039)

摘 要

由 $>10^2\text{Mpc}$ 的宇宙超大尺度结构推知我们的宇宙很可能主要是由热暗物质(中微子)所组成, 其质量 $m_\nu \sim 10^{-1}\text{eV}$ (0.16eV).

一、热暗物质

一个有意义的观测结果是 COBE 卫星关于宇宙微波背景谱的最新报导^[1], 它表明在宇宙退耦时刻之前微波背景并未受到明显的扰动, 也就是说由可视物质(重子物质)所反映的宇宙大尺度结构应当形成在退耦时刻之后. 根据标准宇宙学模型和 Jeans 不稳定理论^[2], 由重子物质单独形成目前观测到的宇宙大尺度结构在时间上是不充分的, 需凭借于不可视物质(暗物质)的帮助. 尤其是对超大尺度周期结构的存在^[3], 即使在非标准宇宙学模型(譬如宇宙常数 $\Lambda \neq 0$)下也是很难由重子物质单独产生, 看来暗物质的存在是不可避免的, 其合理的候选者之一当是由低质量 (m_a) 弱相互作用粒子组成的热暗物质^[4].

二、Jeans 密度波与超大尺度周期结构

如果文[3]所述的周期现象是由 Jeans 密度波所致, 且如果宇宙确以 m_a 粒子为主, 那么在 1000Mpc 范围内得以形成周期结构就要求宇宙介质中的声速 $v_s \sim 0.1c$, 由声速公式可知

$$m_a \sim 10^{-2}T_a \text{ (eV)}, \quad (1)$$

按文[4], $m_a \sim 10^{-1}\text{eV}$, 则 m_a 粒子的温度 T_a 为

$$T_a \sim 10^1\text{K}, \quad (2)$$

明显高于微波背景温度, 这暗示着宇宙演化过程中有某种低能相变存在^[5].

三、低能相变

既然 $T_a \sim 10^1\text{K}$, 不难看出现时宇宙中 m_a 粒子的数密度 n_a 应当是背景光子数密度

n_γ 的 10^2 倍

$$n_d \sim 10^2 n_\gamma, \quad (3)$$

而 $m_d \sim 10^{-1} \text{eV}$, 故 $\Omega_d \sim 1$. 何以如此? 文[5]所述低能相变和光子冷却过程可以实现 $n_d \sim 10^2 n_\gamma$, 同时按该文公式(1)、(2), 如氦丰度偏低则仍能保持 $\Omega_B < 1$, 即实现一种 $\Omega_0 = 1$ 和热暗物质占优势的宇宙.

四、中微子质量

不难看出 m_d 粒子的合理候选者是中微子, 当 $\Omega_\nu = 1$ 时, 有

$$m_\nu = 0.16 \left(\frac{6}{g_\nu}\right)^{1/4} \left(\frac{T_\gamma}{2.7}\right)^{3/4} \left(\frac{0.1c}{v_s}\right)^{3/2} h^{1/2} \text{eV}. \quad (4)$$

$$T_\nu = 11.3 \left(\frac{6}{g_\nu}\right)^{1/4} \left(\frac{T_\gamma}{2.7}\right)^{3/4} \left(\frac{v_s}{0.1c}\right)^{1/2} h^{1/2} \text{K}, \quad (5)$$

其中 g_ν 是中微子品种数与自旋态数的乘积, $h = \frac{H_0}{100}$. 上列结果与文[4]、[6]一致.

参 考 文 献

- [1] J. C. Mather et al., *Ap. J.*, **L37**(1990), 354.
- [2] S. Weinberg, *Gravitation and Cosmology*, John Wiley, 1972.
- [3] T. J. Broadhurst et al., *Nature*, **343**(1990), 726.
- [4] W. L. Huang, *Commun. Theor. Phys.* (Beijing, China), **13**(1990), 129.
- [5] J. G. Bartlett et al., *Phys. Rev. Lett.*, **66**(1991), 541.
- [6] W. L. Huang et al., *Science Bulletin* (Beijing, China), **33**(1988), 20.

Neutrino Mass and the Superstructure of the Universe

HUANG WULIANG

(Institute of High Energy Physics, Academia Sinica, Beijing 100039)

ABSTRACT

From the superstructure of the universe with a scale larger than 10^2 Mpc we deduce that the universe may be dominated by hot dark matter (neutrinos), which mass $m_\nu \sim 10^{-1} \text{eV}$ (0.16 eV).