

and transverse to the line of sight. A large sample of 690,000 galaxies from The Baryon Oscillation Spectroscopy Survey Data Release 11 are used to determine the Hubble expansion  $H$ , angular distance  $D_A$ , and growth rate  $GT$  at an effective redshift of  $z=0.57$ . After careful bias and convergence studies of the effects from small scale clustering, we find that cutting transverse separations below 40 Mpc/h delivers robust results while smaller scale data leads to a bias due to unmodelled nonlinear and velocity effects. The converged results are in agreement with concordance  $\Lambda$ CDM cosmology, general relativity, and minimal neutrino mass, all within the 68% confidence level. We also present results separately for the northern and southern hemisphere sky, finding a slight tension in the growth rate -- potentially a signature of anisotropic stress, or just covariance with small scale velocities -- but within 68% CL.

#### [구 GC-07] Constraints on dark radiation from cosmological probes

Graziano Rossi<sup>1</sup>, Christophe Yèche<sup>2</sup>, Nathalie Palanque-Delabrouille<sup>2</sup>, Julien Lesgourgues<sup>3,4</sup>  
<sup>1</sup>Department of Astronomy and Space Science, Sejong University, 209 Neungdong-ro, Gwangjin-gu Seoul, South Korea, 147-747,  
<sup>2</sup>CEA, Centre de Saclay, Irfu/SPP, F-91191 Gif-sur-Yvette, France, <sup>3</sup>CERN, Theory Division, CH-1211 Geneva 23, Switzerland, <sup>4</sup>LAPTh, Univ. de Savoie, CNRS, B.P.110, Annecy-le-Vieux F-74941, France

We present joint constraints on the number of effective neutrino species  $N_{\text{eff}}$  and the sum of neutrino masses  $\Sigma m_\nu$ , based on a technique which exploits the full information contained in the one-dimensional Lyman- $\alpha$  forest flux power spectrum, complemented by additional cosmological probes. In particular, we obtain  $N_{\text{eff}} = 2.91 \pm 0.22$  (95% CL) and  $\Sigma m_\nu < 0.15$  eV (95% CL) when we combine BOSS Lyman- $\alpha$  forest data with CMB (Planck+ACT+SPT+WMAP polarization) measurements, and  $N_{\text{eff}} = 2.88 \pm 0.20$  (95% CL) and  $\Sigma m_\nu < 0.14$  eV (95% CL) when we further add baryon acoustic oscillations. Our results tend to favor the normal hierarchy scenario for the masses of the active neutrino species, provide strong evidence for the Cosmic Neutrino Background from  $N_{\text{eff}} \approx 3$  ( $N_{\text{eff}} = 0$  is rejected at more than  $14 \sigma$ ), and rule out the possibility of a sterile neutrino thermalized with active neutrinos (i.e.,  $N_{\text{eff}} = 4$ ) -- or more generally any decoupled relativistic relic with  $\Delta N_{\text{eff}} \approx 1$  -- at a significance of

over  $5 \sigma$ , the strongest bound to date, implying that there is no need for exotic neutrino physics in the concordance  $\Lambda$ CDM model.

#### [구 GC-08] Statistical property of the velocity dispersion profiles of elliptical galaxies : dark matter versus MOND

In-Taek Gong and Kyu-Hyun Chae  
 Department of Physics and Astronomy, Sejong University

운동학적으로 측정된 질량과 측광으로 측정된 질량이 불일치하는 질량 불일치 문제는 현대천문학의 중요한 문제이다. 현재 이러한 질량 불일치에 대한 두 가지 해결책이 제시되었다. 하나는 현대 표준우주론인  $\Lambda$ CDM 패러다임의 핵심 요소인 암흑물질, 다른 하나는 Milgrom에 의해 제시된 수정된 뉴턴역학(Modified Newtonian dynamics: MOND)이다. 두 방법에 대한 많은 연구가 진행되었는데, 최근 연구 결과에 의하면 나선형 은하의 회전속도 윤곽은 MOND와 잘 부합한다. 여기서 우리는 타원형 은하의 속도분산 윤곽을 분석한다. 속도분산 비등방성의 다양한 가정 하에 거의 구형인 2000여개의 SDSS 은하들의 예측되는 속도분산 윤곽을 계산하고, 이 들로부터 얻어진 속도분산 기울기 분포를 15개의 ATLAS<sup>3D</sup> 구형 은하들의 관측된 분포와 비교하였다. 잘 정의된 하나의 interpolation function을 사용하는 MOND 모형에 의해서 단지 관측된 은하의 항성 질량 분포만으로 관측된 속도 분산 윤곽의 기울기 분포가 잘 설명되었다. 이러한 결과는 표준 패러다임의 경우 관측된 속도 분산 윤곽을 설명하기 위해 개별적인 암흑물질의 양과 밀도 윤곽을 필요로 한다는 점에서 주목할 만하다. 향후 타원형 은하들의 개별적 속도분산 윤곽을 정밀하게 분석하는 것이 매우 유용할 것으로 판단된다.

#### [구 GC-09] On the Deviation from the Hubble Flows around the Virgo Cluster

Jounghun Lee<sup>1</sup>, Suk Kim<sup>2</sup>, Soo-Chang Rey<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Seoul National University,  
<sup>2</sup>Chungnam National University

은하단 주변 은하의 속도 프로파일을 이용하여 중력 법칙을 검증하는 방법론에 관한 최근 공동 연구 결과 (arXiv:1501.07064, submitted for publication in ApJ)를 발표한다.

#### [구 GC-10] Dependence of galaxy properties on void filament straightness

Junsup Shim<sup>1</sup>, Jounghun Lee<sup>1</sup> and Fiona Hoyle<sup>2</sup>  
<sup>1</sup>Astronomy Program, Department of Physics and Astronomy, Seoul National University,  
<sup>2</sup>Pontificia Universidad Catolica de Ecuador, 12 de Octubre 1076 y Roca, Quito, Ecuador