

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ

на соискание Премии имени А. Н. Тавхелидзе для молодых учёных за 2020 год

Выдвигаются кандидат физико-математических наук, стажер-исследователь Отдела теоретической физики ИЯИ РАН **Иванов Михаил Михайлович** (д.р. 09.05.1991) и кандидат физико-математических наук, младший научный сотрудник Лаборатории обработки больших данных в физике частиц и астрофизике ИЯИ РАН **Чудайкин Антон Сергеевич** (д.р. 25.02.1992) за их вклад в **развитие пертурбативных методов исследования крупномасштабной структуры Вселенной**, что является одним из основных направлений научной программы ИЯИ РАН.

Существенный прогресс в космологии за последние 10 лет обусловлен измерениями и интерпретацией анизотропии температуры и поляризации реликтового излучения, которые позволили извлекать величины космологических параметров с процентной точностью. Однако природа таких физических явлений как тёмная материя, тёмная энергия, первичное расширение Вселенной (космологическая инфляция), до сих пор не известна. Новая информация об этих явлениях будет получена уже в ближайшее время из данных о распределении материи на больших космологических масштабах - крупномасштабной структуры Вселенной. Это распределение содержит в себе гораздо больше статистической информации, чем микроволновое излучение, но его интерпретация осложнена нелинейными процессами, связанными с формированием гравитационной неустойчивости.

Работа соискателей премии посвящена аналитическому описанию формирования структур в нелинейном режиме и его использованию для измерений космологических параметров. Иванов М.М. разработал математический аппарат, описывающий эволюцию крупномасштабной структуры Вселенной, названный “теорией возмущений на выделенных временных расслоениях” (1-3). Аппарат позволяет проводить вычисления по теории возмущений систематически, а также суммировать усиленные вклады, которые возникают в теории возмущений, что аналогично ренормгрупповому суммированию в квантовой теории поля. Важным результатом этого метода стало описание нелинейной эволюции барионных акустических осцилляций, которое позволило получить аккуратную модель для вычисления полной формы спектра мощности флуктуаций плотности галактик в пространстве красных смещений. Впоследствии, Иванов М.М. и Чудайкин А.С. разработали новый алгоритм анализа данных по распределению галактик, основанный на данной теории, представленный в (4). Используя этот метод, соискатели проанализировали данные измерений спектра мощности галактик из Слоановского обзора неба и впервые измерили из этих данных постоянную Хаббла, плотности тёмной материи и тёмной энергии, а также амплитуду и наклон спектра мощности первичных возмущений. Измерения были произведены без привлечения данных по микроволновому излучению, однако точности измерения космологических параметров этими двумя независимыми методами оказались сопоставимыми. Также было показано, что разработанный метод анализа данных позволит точно измерить сумму масс нейтрино из наблюдений спектра мощности галактик, выполненных в рамках глубокого обзора “Евклид” уже в ближайшее время (8).

Подводя итог, можно заключить, что М. М. Иванов и А. С. Чудайкин выполняют важное исследование, которое уже позволило получить ряд уникальных результатов мирового уровня. Личный вклад соискателей в эти исследования является определяющим, и он может быть прослежен на каждом этапе выполнения работы - от построения математического аппарата для выполнения теоретических вычислений до непосредственного анализа текущих астрофизических данных. В настоящее время цикл работ соискателей премии включает в себя 20 статей, из них 14 опубликованы в ведущих мировых журналах, 3 приняты к печати и 3 находятся на

рассмотрении редакционной коллегии. Помимо этого, М.М.Иванов и А.С.Чудайкин также выступают руководителями курсовых и дипломных работ студентов МФТИ и МГУ.

Академик РАН,
д.ф.-м.н., зав. ОЭФ ИЯИ РАН

Ткачев И.И.

Перечень публикаций, непосредственно относящихся к данному представлению:

- 1) Time-Sliced Perturbation Theory for Large Scale Structure I: General Formalism
D. Blas, M. Garny, M.M. Ivanov and S. Sibiryakov.
arXiv:1512.05807 [astro-ph.CO]. JCAP 1607 (2016) 052.
- 2) Time-Sliced Perturbation Theory II: Baryon Acoustic Oscillations and Infrared Resummation
D. Blas, M. Garny, M.M. Ivanov and S. Sibiryakov.
arXiv: 1605.02149 [astro-ph.CO]. JCAP 1607 (2016) 028.
- 3) Infrared Resummation for Biased Tracers in Redshift Space
M.M. Ivanov and S. Sibiryakov.
arXiv: 1804.05080 [astro-ph.CO]. JCAP 1807 (2018) 053.
- 4) Nonlinear perturbation theory extension of the Boltzmann code CLASS
A. Chudaykin, M.M. Ivanov, O. Philcox and M. Simonović.
arXiv: 2004.10607 [astro-ph.CO]. Phys.Rev. D102 (2020) no.6, 063533.
- 5) Cosmological Parameters from the BOSS Galaxy Power Spectrum
M.M. Ivanov, M. Simonović and M. Zaldarriaga.
arXiv: 1909.05277 [astro-ph.CO]. JCAP 2005 (2020) 042.
- 6) Cosmological Parameters and Neutrino Masses from the Final Planck and Full-Shape BOSS Data
M.M. Ivanov, M. Simonović and M. Zaldarriaga.
arXiv: 1912.08208 [astro-ph.CO]. Phys.Rev. D101 (2020) no.8, 083504.
- 7) Combining Full-Shape and BAO Analyses of Galaxy Power Spectra: A 1.6% CMB-independent constraint on H_0 . O. Philcox, M.M. Ivanov, M. Simonović and M. Zaldarriaga.
arXiv: 2002.04035 [astro-ph.CO]. JCAP 2005 (2020) 032.
- 8) Measuring neutrino masses with large-scale structure: Euclid forecast with controlled theoretical error
A. Chudaykin and M.M. Ivanov
arXiv: 1907.06666 [astro-ph.CO]. JCAP 1911 (2019) 034.
- 9) Dark matter component decaying after recombination: Sensitivity to baryon acoustic oscillation and redshift space distortion probes. A. Chudaykin, D. Gorbunov and I. Tkachev.
arXiv: 1711.06738 [astro-ph.CO]. Phys.Rev. D97 (2018) no.8, 083508.
- 10) Dark matter component decaying after recombination: Lensing constraints with Planck data
A. Chudaykin, D. Gorbunov and I. Tkachev.
arXiv: 1602.08121 [astro-ph.CO]. Phys.Rev. D94 (2016) 023528.
- 11) Constraining Early Dark Energy with Large-Scale Structure
M.M. Ivanov, E. McDonough, H.J. Colin, M. Simonović, M.W. Toomey, S. Alexander and M. Zaldarriaga.

arXiv: 2006.11235 [astro-ph.CO]. Phys.Rev. D102 (2020) no.10, 103502.

12) Time-sliced perturbation theory with primordial non-Gaussianity and effects of large bulk flows on inflationary oscillating features. A. Vasudevan, M.M. Ivanov, S. Sibiryakov and J. Lesgourgues
arXiv: 1906.08697 [astro-ph.CO]. JCAP 1909 (2019) 037.

13) Non-perturbative probability distribution function for cosmological counts in cells
M.M. Ivanov, A. Kaurov, A. Alexander and S. Sibiryakov
arXiv: 1811.07913 [astro-ph.CO]. JCAP 1903 (2019) 009.

14) The clustering of the SDSS-IV extended Baryon Oscillation Spectroscopic Survey DR14 quasar sample: first measurement of baryon acoustic oscillations between redshift 0.8 and 2.2. Ata, Metin and others
arXiv: 1705.06373 [astro-ph.CO]. Mon.Not.Roy.Astron.Soc. 473 (2018) no.4, 4773-4794

15) Fewer Mocks and Less Noise: Reducing the Dimensionality of Cosmological Observables with Subspace Projections. O. Philcox, M.M. Ivanov, M. Simonović, M. Zaldarriaga and M. Schmittfull
arXiv: 2009.03311 [astro-ph.CO]. Accepted in Phys.Rev. D.

16) Cosmological constraints from BOSS with analytic covariance matrices
D. Wadekar, M.M. Ivanov and R. Scoccimarro
arXiv: 2009.00622 [astro-ph.CO]. Accepted in Phys.Rev. D.

17) Blinded challenge for precision cosmology with large-scale structure: results from effective field theory for the redshift-space galaxy power spectrum
T. Nishimichi, G. D'Amico, M.M. Ivanov, L. Senatore, M. Simonović, M. Takada, M. Zaldarriaga and P. Zhang
arXiv: 2003.08277 [astro-ph.CO]. Accepted in Phys.Rev. D.

18) Optimizing large-scale structure data analysis with the theoretical error likelihood
A. Chudaykin, M.M. Ivanov and M. Simonović
arXiv: 2009.10724 [astro-ph.CO].

19) Constraints on the curvature of the Universe and dynamical dark energy from the Full-shape and BAO data
A. Chudaykin, K. Dolgikh and M.M. Ivanov.
arXiv: 2009.10106 [astro-ph.CO].

20) Exploring Early Dark Energy solution to the Hubble tension with Planck and SPTPol data
A. Chudaykin, D. Gorbunov and N. Nedelko.
arXiv: 2011.04682 [astro-ph.CO].