

Prévision de la sensibilité de DESI à la matière noire et aux propriétés des neutrinos avec la forêt Lyman-alpha

Spécialité Astrophysique

Niveau d'étude Bac+5

Formation Master 2

Unité d'accueil [DPhP](#)

Candidature avant le 30/05/2022

Durée 4 mois

Poursuite possible en thèse oui

Contact [ARMENGAUD Eric](#)

+33 1 69 08 19 50

eric.armengaud@cea.fr

Autre lien <https://www.desi.lbl.gov>

Résumé

La forêt Lyman-alpha est un outil puissant pour mesurer la distribution de la matière dans l'Univers primitif. Au cours de ce stage, l'étudiant utilisera cette sonde pour étudier la sensibilité du relevé du ciel DESI aux paramètres cosmologiques, et en particulier à la masse des neutrinos.

Sujet détaillé

La distribution de la matière aux échelles cosmologiques peut être prédite dans le cadre du modèle cosmologique standard. Elle dépend entre autres de la masse absolue des neutrinos (encore inconnue) et des propriétés de la matière noire, dont la nature est un grand mystère scientifique. L'équipe de cosmologie de l'IRFU-DPhP est fortement impliquée dans le relevé du ciel DESI (Dark Energy Spectroscopic Instrument). DESI est le premier des projets de nouvelle génération dont le but est de cartographier les structures à grande échelle dans l'Univers. Le télescope DESI, situé en Arizona, a commencé ses observations en 2021 et fournira dans les années à venir une carte 3D sans précédent de l'Univers.

Au cours du stage proposé, l'étudiant se concentrera sur un type spécifique d'observation réalisée avec DESI : la forêt dite Lyman-alpha, qui mesure l'absorption par le milieu intergalactique de la lumière provenant de quasars distants situés à des décalages vers le rouge $z \sim 2 - 4$. Les observations Lyman-alpha fournissent la seule mesure de la distribution de la matière à la fois aux "petites" échelles cosmologiques ($\sim$ megaparsec) et dans l'Univers primitif (il y a 10 à 12 milliards d'années, juste 2 milliards d'années après le Big Bang). Nous proposons à l'étudiant d'utiliser des simulations des observations de Lyman-alpha par DESI, ainsi que des modèles des structures cosmologiques, afin de prévoir la sensibilité de DESI à plusieurs paramètres cosmologiques, liés à la nature de la matière noire et des neutrinos. L'accent sera mis sur la sensibilité à la somme des masses des neutrinos : actuellement, le Lyman-alpha, ainsi que les mesures du fond diffus cosmologique, limitent déjà ce paramètre à moins de ~ 110 milli-eV, alors que la physique des particules nous dit qu'il devrait être de 60 milli-eV ou plus. Peser les particules de matière les plus

légères que nous connaissons dans l'Univers avec les plus grands relevés cosmologiques serait un grand succès, tant en cosmologie qu'en physique des particules. Cette formation permettra à l'étudiant de comprendre la physique de la forêt de Lyman-alpha, et de se familiariser avec les outils et les concepts les plus courants utilisés en cosmologie. Si le temps le permet, l'étudiant pourra également s'impliquer dans l'analyse de données DESI réelles. Ce stage pourra déboucher sur une thèse.

Mots clés

Cosmologie, Physique des particules

Compétences

Analyse de données Simulations numériques Inférence statistique

Logiciels

python

Forecasting DESI sensitivity to dark matter and neutrino properties with the Lyman-alpha forest

Summary

The Lyman-alpha forest is a powerful tool to measure the distribution of matter in the early Universe. During this internship, the student will use this probe to study the sensitivity of the ongoing DESI sky survey to cosmological parameters, and in particular to the neutrino mass.

Full description

The matter distribution on cosmological scales can be predicted within the standard cosmological model. It depends among others on the (yet unknown) absolute neutrino mass and on the properties of dark matter, whose nature is a great scientific mystery. The IRFU-DPhP cosmology team is strongly involved in the DESI sky survey (Dark Energy Spectroscopic Instrument). DESI is the first among next-generation projects whose goal is to map large scale structures in the Universe. The DESI telescope, located in Arizona, started its observations in 2021 and will provide in the coming years an unprecedented 3D map of the Universe.

During the proposed internship, the student will focus on one specific kind of observation carried out with DESI: the so-called Lyman-alpha forest, which measures the absorption by the intergalactic medium of light from distant quasars located at redshifts $z \sim 2 - 4$. Lyman-alpha observations provide the only measurement of the matter distribution both at "small" ($\sim$ megaparsec) cosmological scales, and in the early Universe (10 - 12 billion years ago, just 2 billion years after the Big Bang). We propose that the student uses simulations of Lyman-alpha observations by DESI, together with models of the cosmological structures, in order to forecast the sensitivity of DESI to several cosmological parameters, related to the nature of dark matter and neutrinos. An emphasis will be put on the sensitivity to the sum of neutrino masses: currently the Lyman-alpha, together with Cosmic Microwave Background measurements, already bound this parameter to be less than ~ 110 milli-eV, while particle physics tells us it should be 60 milli-eV or more. Weighing the lightest matter particles we know in the Universe with the largest cosmological surveys would be an incredible success in both cosmological and particle physics endeavours. This training will allow the student to understand the physics behind the Lyman-alpha forest, and get familiar with the most common tools and concepts used in cosmology. If time allows, the student may also get involved into the analysis of real DESI data. This internship may lead to a thesis.

Keywords

Cosmology, Particle physics

Skills

Data analysis Numerical simulations Statistical inference

Softwares

python